DIE NATURWISSENSCHAFTEN

30. Jahrgang | 30. Oktober 1942 | Heft 44/45

Neuere Untersuchungen über den Eiweißstoffwechsel der Gewebezellen in vitro[1]).

Von Albert Fischer, Kopenhagen.

Während auf Grundlage unserer heutigen Kenntnisse der Zuckerstoffwechsel der Gewebezellen im wesentlichen klargelegt ist, kann ein gleiches keineswegs vom Eiweißstoffwechsel gesagt werden. Das ist damit zu erklären, daß die Bausteine der komplizierten Eiweißmoleküle nicht so einfach und gleichartig sind wie die des Zuckers und unser Wissen über ihren Bau noch sehr mangelhaft geblieben ist. Im Gegensatz zu den Kohlehydraten, die überwiegend als Energiequelle dienen, sind die Eiweiße in erster Reihe als Baumaterial bestimmt. Nur in geringerem Ausmaß werden sie als Energiequelle verwendet. Dabei ist zu beachten, daß die Eiweißstoffe nicht allein nach einem allgemeinen Bauplan als Baumaterial für neue Zellen bestimmt sind, sondern auch zum Aufbau untereinander sehr verschiedener Proteine, die ihrerseits den Zellen ihre besonderen Eigenschaften als Spender bestimmter Sekrete, Hormone oder Enzyme verleihen. Über diese Mitwirkung am Aufbau und an Lieferung von Energie hinaus spielen die Zellen dann noch eine große Rolle für die Erhaltung der verschiedenen physikalisch-chemischen Zustände während der Zelltätigkeit.

Vom Kreislauf des Eiweißstoffes im Organismus ist uns erst ein Teil näher bekannt geworden, und diese Kenntnis ist verhältnismäßig neueren Datums. Kaum 30 Jahre sind vergangen, seitdem es gelang, Aminosäuren im Blut nachzuweisen. Sogar noch lange Zeit, nachdem man erkannt hatte, daß der Organismus durch parenterale Einführung von Eiweißabbauprodukten, ja sogar von reinen Aminosäuren, im N-Gleichgewicht gehalten werden konnte (Abderhalden, Henriques und Hansen, Buglia, Rose), herrschte eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich des weiteren Schicksals der Produkte bei der Eiweißsynthese. Erst in der neuesten Zeit ist die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung des Bluteiweißes für die Ernährung und den inneren Stoffwechsel der Gewebezellen gelenkt worden. Namentlich G. H. Whipple und Mitarbeiter (1) haben sich mit diesen Fragen befaßt und dabei die Auffassung vertreten, daß die Plasmaeiweiße nicht, wie man früher glaubte, inerte Stoffe sind, sondern daß sie in den Umsatz als Reserveproteine eingehen. Die dahingehenden Untersuchungen bauten auf der Tatsache auf, daß Tiere während des Fastens nach intravenöser Einführung von Plasmaprotein im N-Gleichgewicht gehalten werden können. Man hat nun zwar erkannt, daß die Gewebezellen imstande sein müßten, neues Zytoplasma aus den Aminosäuren des Blutes zu synthetisieren, doch fehlte es bisher noch an näheren Kenntnissen über diesen Vorgang, und bis vor kurzem war es nicht gelungen, mit Hilfe der dazu am besten geeigneten Versuchsobjekte, nämlich der Gewebekulturen, den direkten Beweis dafür zu erbringen. Die früheren Versuche ergaben insofern recht eindeutige Resultate, als sie zeigten, daß Aminosäuren in relativ hoher Konzentration entweder toxisch wirken oder daß sie ohne jeglichen Einfluß auf die Erhaltung des Zellebens blieben.

Bereits 1917 untersuchten Burrows und Neymann (2), welche Wirkung die Mischungen reiner Aminosäuren oder abgebauter Eiweiße auf gezüchtete Gewebezellen ausübten. Freilich war die Technik damals gewiß noch recht mangelhaft, doch wurde immerhin nachgewiesen, daß Peptone aus Eigelb nicht imstande waren, das Leben von Herzfibroblasten zu verlängern. Ferner erwiesen sich α-Aminosäuren aus Hydrolyse von Eigelb mit Schwefelsäure als toxisch. Weiter wurden Mischungen von Glykokoll, Alanin, Cystin, Valin, Leuzin, Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan, Oxyprolin und Asparagin untersucht. Gleiche Teile von isotonischer Aminosäurelösung und Plasma wurden dabei benutzt (eine sehr hohe Konzentration!). Diese Mischung erwies sich als toxisch, und die Kulturen gingen sehr bald ein. In niedrigen Konzentrationen lebten die Kulturen nicht einmal so lange wie die Kontrollen ohne Aminosäure.

Carrel und Ebeling (3) untersuchten die Wirkung von Mischungen aus Glyzin, Alanin, Leuzin, Phenylalanin, Cystin, Asparagin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Arginin, Lysin, Histidin, Prolin, Oxyprolin, Prolylglyzin und Tryptophan zusammen mit Nukleinsäure, Spuren von Jod, Mangan, Zink und Eisen. Die Konzentrationen von 25—100 mg Säure pro 100 ml waren ohne Wirkung. In einer späteren Arbeit kommen Baker und Carrel (4) zu dem entscheidenden Ergebnis, daß Aminosäuren weder das Leben der Zellen verlängern können noch imstande sind, das Wachstum zu fördern. Es wird weiter von ihnen angegeben, daß ein recht großer Unterschied in der Wirkung des dialysierten Embryonalextraktes gegenüber der des nichtdialysierten besteht. Der dialysierte Extrakt blieb unwirksam. Das steht übrigens in Widerspruch zu unseren eigenen Untersuchungen [Fischer (5)]. Baker und Carrel meinten, als Ursache angeben zu können: 1. Verlust von Aminosäuren oder anderen dialysierbaren Stoffen, oder 2. eine Denaturierung der Eiweiße während der Dialyse. (Der Extrakt wurde

[1] Aus dem Biologischen Institut der Carlsberg-Stiftung, Kopenhagen.

nämlich gegen gewöhnliches Wasser dialysiert!) Aus den Befunden wird von ihnen der Schluß gezogen, daß die Gewebezellen N-haltige Stoffe, die nicht Aminosäuren sind, im Extrakt ausnutzen. Die Lebensdauer der Gewebezellen in einem Ultrafiltrat aus Embryonalextrakt war nicht verlängert gegenüber der in reiner Tyrodelösung. Auch die Kombination des Ultrafiltrats mit dem dialysierten Embryonalextrakt erwies sich als wirkungslos. Der Zusatz einer Mischung von 16 Aminosäuren zum dialysierten Extrakt war gleichfalls ohne Erfolg. Der Gehalt an Aminosäuren im Embryonalextrakt beträgt etwa 6—12 mg%. Durch Verdauung des Extraktes mit Trypsin wurde ein Produkt erzeugt, das auf die Gewebezellen toxisch wirkte, auch wenn die Konzentration der Stoffe in denselben Verhältnissen stand, wie sie im normalen Extrakt vorkommen. Hieraus schließen die genannten Verfasser, daß nicht die Aminosäuren die Ursache der wachstumsfördernden Eigenschaft des Embryonalextraktes sind, denn diese Eigenschaft ist nicht an die dialysierbaren Komponenten oder das Ultrafiltrat gebunden. Dieser Anschauung können wir durchaus zustimmen, denn wir fanden, daß ohne die dialysierbaren Stoffe im Züchtungsmedium die wachstumsfördernde Wirkung des Embryonalextraktes völlig ausbleibt. Wir gelangen also zu der Erkenntnis, daß beide Komponenten im Verein notwendig sind [FISCHER (5)].

Aus den Arbeiten von CARREL und Mitarbeitern geht deutlich hervor, daß die Verfasser nur darauf eingestellt waren, in einer Wachstumsbeschleunigung zu erkennen, ob die Gewebezellen auf die Wirkung der Aminosäuren antworten oder nicht. Da nun eine solche Wirkung nicht eintrat und da sogar festgestellt wurde, daß die Aminosäuren nicht einmal die Lebensdauer der Zellen zu verlängern vermochten, wurde der Wirkung der Aminosäuren überhaupt keine Bedeutung zugeschrieben. In dieser Einstellung der früheren Untersucher müssen wir die Ursache dafür suchen, daß die Wirkung der Aminosäuren der Aufmerksamkeit der Forscher so lange entgangen ist.

Bei dieser Sachlage nahmen MAYER und FISCHER (6) die Frage zur Behandlung auf, ob Aminosäuren imstande sind, die Lebensdauer der Zellen, verglichen mit Kontrollkulturen in Tyrodelösung als einzigem Medium, zu verlängern. Hierzu wurde eine Technik benutzt, die eigentlich für andere Zwecke bestimmt war [FISCHER und PARKER (7)]. Untersucht wurde eine Lösung aus 23 Aminosäuren, die im Züchtungsmedium etwa 7 mg% ausmachten. Nach 28 Tagen wurde eine Regenerationsprobe sowohl für die Kontroll- wie die Versuchskultur ausgeführt, um zu erkennen, ob die Gewebe noch am Leben waren. Hierbei zeigte sich, daß sämtliche Kulturen längst zugrunde gegangen waren.

Indessen erzielten CARREL und Mitarbeiter (8,9) bedeutungsvolle Resultate, indem sie mit höheren Spaltprodukten aus Eiweißstoffen starke Wachstumsvorgänge bei den Gewebezellen auslösen konnten. Im Gegensatz zu den niederen Abbauprodukten und Aminosäuren fanden sie die sog. α- und β-Proteosen sehr wirksam. Heteroproteosen waren dagegen völlig unwirksam. Mit den niederen Spaltprodukten nach Verdauung der Proteosen mit Trypsin degenerierten die Zellen rasch und gingen ein. Es war nicht möglich zu entscheiden, ob die Zellen einer toxischen Wirkung oder einem Mangel an gewissen Co-Faktoren unterlagen. Die malignen Geschwulstzellen waren dagegen imstande, mit den niederen Spaltprodukten lebhaft zu proliferieren. Nach fortgesetztem Abbau der Proteosen mit Trypsin und Erepsin war es nicht länger möglich, Herzfibroblasten zum Wachstum zu bringen, während Sarkomzellen immer noch große Wachstumsaktivität entfalteten. Weiter wurde gefunden, daß Sarkomzellen nur langsam wuchsen und bald degenerierten, wenn sie sich in einem Medium befanden, das pepsinverdautes Lebergewebe enthielt, nämlich: Total N/Amino-N über 2,8 (19—35% Amino-N und 40—50% Proteosen). In einem Produkt mit über 35% Amino-N und 33% Proteosen wuchsen die Sarkomzellen dagegen unbegrenzt und ebensogut wie mit Embryonalextrakt. In einem Produkt nach vollständiger Hydrolyse von Lebergewebe (Kochen mit HCl) konnten die Geschwulstzellen nicht wachsen, auch nicht nach Zusatz von Tryptophan als Ersatz für das durch die Säurebehandlung zerstörte. Die Untersuchungen zeigen also sehr deutlich, daß die niederen Spaltprodukte des Eiweißes unwirksam und sogar eher toxisch sind. Die Geschwulstzellen vermögen besser als die normalen Gewebezellen aus den kleinen Spaltstücken des Eiweißes neues Zytoplasma aufzubauen. Das p_H um die Geschwulstzellen herum liegt bei etwa 6,0, das der gesunden Zellen bei etwa 7,0. Solche Unterschiede machen es verständlich, daß die Aktivität der betreffenden Enzyme innerhalb weiter Grenzen schwanken kann.

Es hat sich indessen gezeigt, daß die wachstumsfördernde Wirkung der Proteosen, die sich bisweilen sehr stark äußert, bei den normalen Gewebezellen von relativ kurzer Dauer ist. Deshalb war es nicht möglich, mit ihnen permanente Stämme der Gewebezellen in Kulturen zu erhalten.

Allen diesbezüglichen Untersuchungen von CARREL und Mitarbeitern ist der Umstand gemeinsam, daß die Wirkung der Eiweißabbauprodukte auf Züchtungsmedien untersucht wurde, die schon vorher solche enthielten. Im übrigen haben die Forscher als Kriterium für die Wirkung der zugesetzten Stoffe erwartet, daß die Zellen mit gesteigerter Proliferation reagieren würden, einer Reaktion also, die ohnehin von selber eintritt. Über die Frage, ob die Gewebezellen Aminosäuren ausnutzen und aus diesen neues Zytoplasma aufbauen können, ist aus diesen Untersuchungen nichts zu erfahren, ebensowenig wie über die Bedeutung der Abbauprodukte für den Stoffwechsel der Zellen. Die Vermutung ist naheliegend, daß

die Gewebezellen auch auf andere Weise als durch gesteigertes Wachstum zu erkennen geben können, daß sie Aminosäuren verwenden. Daß es nunmehr gelungen ist, den Nachweis hierfür zu erbringen, verdanken wir in erster Reihe der Befreiung von der Vorstellung, erhöhte proliferierte Tätigkeit sei das einzige Kriterium dafür, daß die Aminosäuren von den Zellen ausgenutzt werden.

2.

Unseren Untersuchungen lag folgender Gedankengang zugrunde: Wenn die Aminosäuren für den Stoffwechsel der Gewebezellen von Bedeutung sind, dann müßte nach ihrer restlosen Entfernung aus dem Züchtungsmedium ein Mangelzustand eintreten. Diese Annahme erwies sich als zutreffend. Nach vorhergehender Dialyse sämtlicher Komponenten des Züchtungsmediums war es für die Züchtung von Gewebszellen ganz ungeeignet geworden. Die von uns angewandte Methode zur aseptischen Dialyse von Blutplasma, Serum und Embryonalextrakt ist früher beschrieben worden (10). Bei der Dialyse wurde Rücksicht darauf genommen, daß der Gehalt an unorganischen Salzen und Zucker im Medium aufrechterhalten blieb. Außerdem wurde der Gehalt an Bikarbonat nach der Dialyse ausgeglichen. Die Untersuchungen wurden im allgemeinen mit periostalen Fibroblasten von Hühnern in Carrel-Flaschen ausgeführt.

Werden 2 Hälften einer Kultur in je einer Flasche unter identischen Bedingungen mit einem ganz normalen Züchtungsmedium angebracht, so wachsen beide mit derselben Geschwindigkeit weiter. Wenn dann zu irgendeinem Zeitpunkt der Wachstumsperiode als überstehende Flüssigkeit (Serum) bei der einen Kultur dialysiertes, bei der anderen weiter, wie vorher, nichtdialysiertes Serum zugesetzt wird, so treten nach einiger Zeit Veränderungen der Zellen im dialysierten Serum auf, Veränderungen, die von Tag zu Tag größer werden und die sie sehr deutlich von den Zellen im normalen Medium unterscheiden. Die Zellgrenzen verwischen sich; die Zellen verlieren ihre scharfen geometrischen Formen und werden verschwommen im Aussehen, um bald darauf zu einer körnigen, unbestimmbaren Masse zu zerfallen. Die Autolyse kann so rasch vor sich gehen, daß die Zellkolonie sich 24 Stunden nach dem Zusatz des Dialyseserums in völliger Auflösung befindet und der Eindruck einer toxischen Einwirkung hervorgerufen werden kann. Dieses Bild sieht man, wenn das normale Medium einer Zellkolonie, die in vollem Wachstum begriffen ist, plötzlich mit einem dialysierten vertauscht wird. Werden dagegen von den beiden Hälften eines Gewebefragmentes in je einer Flasche die eine mit frischem normalen Medium, die andere mit demselben Medium, dessen sämtliche Komponenten jedoch vorher einer Dialyse unterworfen sind, versetzt, so sieht man folgendes: Während die Kultur in dem frischen normalen Medium in ihrem Wachstum weitergeht, bleibt das weitere Wachstum der anderen Hälfte, also der im Dialyseserum, meistens völlig aus, höchstens kommt es noch zu geringen Sprossungen, die jedoch bald eingehen.

Diese Grundversuche zeigen mit aller Deutlichkeit, daß die Entfernung wichtiger dialysierbarer Stoffe aus den Medien einen ausgeprägten Mangelzustand herbeiführt, der so vollständig wird, daß das Leben der Zellen nicht mehr zu erhalten ist. Weiter lernen wir daraus, daß die Gewebezellen unter den gegebenen Versuchsbedingungen die Bluteiweißstoffe nicht ausnutzen können, weil sie sie nicht abzubauen vermögen. Diese Erkenntnis ist später erweitert worden und umfaßt auch alle die Gewebezellen, zu deren natürlicher Funktion im Organismus es gehört, daß sie Eiweiße abbauen, z. B. Darmepithel und Zellen wie Chorion- und Sarkomzellen, die für gewöhnlich deutliche proteolytische Eigenschaften erkennen lassen. Hierauf werden wir später zurückkommen. Mit den eben beschriebenen Versuchsbedingungen haben wir nunmehr alle Voraussetzungen geschaffen, um eine genaue Analyse der Bedeutung einzelner Stoffgruppen für die Erhaltung des Stoffwechsels der Gewebezellen auszuführen.

Voruntersuchungen hatten uns schon davon überzeugt, daß das Dialysat aus dem Serum sowie das Ultrafiltrat Stoffe enthalten, die das insuffiziente Medium komplettieren. Sie sind kochbeständig und vertragen das Eintrocknen. Um Klarheit darüber zu bekommen, ob die wirksamen Stoffe zu den Spaltprodukten des Eiweißes gehören, wurde das mit Trypsin abgebaute inaktive dialysierte Serum untersucht. Die Vermutung erwies sich als richtig, denn diese Produkte waren nicht nur imstande, das Leben der Zellen zu erhalten, sondern sie konnten auch Wachstum hervorrufen. Weil das Verdauungsprodukt außer Aminosäuren auch einige höhere Spaltprodukte enthielt, wurde es weiter durch Hydrolyse mit Schwefelsäure abgebaut. Auch das auf diese Weise entstandene Produkt war nach Zusatz von Tryptophan imstande, den Mangelzustand des dialysierten Mediums aufzuheben, nur mit dem Unterschied, daß die Zellen am Leben blieben, ohne jedoch zu proliferieren. Nach diesen Ergebnissen war es einleuchtend, daß die Eiweißabbauprodukte eine entscheidende Rolle für die Erhaltung der Gewebezellen spielen und daß die Aminosäuren hierbei einen wesentlichen Anteil haben. Weiter konnte nunmehr der Schluß gezogen werden, daß hauptsächlich der Mangel an Eiweißabbauprodukten im dialysierten Züchtungsmedium für die Insuffizienz verantwortlich ist. Tastversuche mit Fraktionierungen von Säurehydrolysaten von Fibrin zeigten, daß die schwerlöslichen Aminosäuren wirksamer als die leicht löslichen waren. Zu den ersteren gehört das Cystin, das, wie wir fanden, eine ganz außerordentlich große Rolle für den Eiweißstoffwechsel der Zellen spielt.

In großen Versuchsreihen wurde die Bedeutung der Aminosäuren zum Gegenstand näherer Beob-

achtungen gemacht. Gemische von verschiedenen Säuren in größerer und kleinerer Anzahl wurden untersucht. Die Konzentrationen der Säuren im Züchtungsmedium variierten zwischen 1—8 mg% Amino-N. Keine der gewählten Mischungen zeigte indessen größere Fähigkeit, das dialysierte Medium zu komplettieren. Gemische von 10—15 Säuren waren kaum wirksamer als solche, die nur 2 bis 3 Säuren enthielten, vorausgesetzt nur, daß Cystin darin mit enthalten war. Cystin für sich allein hatte zwar nur eine kurzdauernde und nicht große, aber doch deutlich erkennbare Wirkung. Erst recht gut wurden die Ergebnisse bei der Komplettierung, nachdem wir eine Mischung aus den nachstehend angegebenen 9 Aminosäuren für die Untersuchungen wählten, und zwar in den relativen Mengenverhältnissen, wie BERGMANN und NIEMANN (11) sie durch quantitative Analysen von Fibrin gefunden haben. Die Mischung enthielt folgende Säuren in den daneben angegebenen Mengen:

1 (+)-Lysindihydrochlorid . . .	15,1 mg
1 (+)-Arginin	7,7 „
1 (−)-Tryptophan	5,0 „
d,l-Methionin	2,6 „
1 (−)-Histidinmonohydrochlorid	3,1 „
1 (+)-Glutaminsäure	14,1 „
1 (−)-Asparaginsäure	5,9 „
1 (−)-Prolin	5,1 „
1 (−)-Cystin	1,5 „

Diese Zusammensetzung konnte die Lebensdauer der Zellen im insuffizienten Medium ganz bedeutend verlängern. Die Konzentration der Säuren, als Amino-N auf das ganze Medium umgerechnet, variierte zwischen 1—4 mg%. Zu größeren Wachstumsvorgängen ist es nicht gekommen. Wurde dann außerdem dialysierter Embryonalextrakt, der selber ohne jegliche komplettierende Wirkung ist, hinzugegeben, so fing das Gewebe lebhaft zu wachsen an, bisweilen in geradezu stürmischer Weise. Zum ersten Male ist also ein direkter Beweis dafür erbracht, ***daß die Gewebezellen neues Zytoplasma aus den einfachsten Bausteinen der Eiweiße aufbauen.*** Auch nach anderen Richtungen weisen die Versuche auf bemerkenswerte Verhältnisse hin. Die relativen Konzentrationen der einzelnen Aminosäuren in dem Gemisch scheinen eine gewisse Rolle zu spielen. Eine Mischung aus gleichen Gewichtsmengen der angegebenen Säuren erwies sich so gut wie unwirksam. Vielleicht ist das so zu deuten, daß ebenso wie die Gesamtkonzentration der Aminosäuren im Blut während des Fastens, so auch die relative Konzentration der einzelnen Säuren recht konstant gehalten wird.

Nachdem festgestellt war, daß die Aminosäuren den Mangelzustand des dialysierten Mediums zum Teil aufheben können, wurde untersucht, inwieweit eine Verbesserung der Bergmann-Mischung durch Ergänzung mit anderen Säuren sich durchführen ließe. ROSE und Mitarbeiter (12) haben gezeigt, daß Tiere bei Fütterung mit reinen Aminosäuren als einziger N-Quelle nicht allein im N-Gleichgewicht zu halten sind, sondern daß junge Tiere damit auch zum Wachsen gebracht werden. Diese Untersuchungen sind auch deshalb von Interesse, weil sie zur Entdeckung einer neuen Aminosäure, des Threonins, führten. In der Rose-Mischung sind sämtliche Säuren als unentbehrlich angegeben. Das Cystin, nicht das Methionin, wird von ROSE als entbehrlich betrachtet. Der Organismus kann, so meint ROSE, seinen Bedarf an Cystin aus dem Methionin decken.

Wir stellten eine Mischung aus ROSES Säuren her, indem wir die gleichen relativen Mengenverhältnisse wählten, die er bei seinen Tierversuchen als wirksam gefunden hat. Überraschenderweise fanden wir die Mischung wirkungslos. Auch nach Zusatz von Cystin blieb die Wirkung aus. Unwirksam war ferner eine Mischung derjenigen Säuren, die für die Rose- und Bergmann-Mischungen gemeinsam sind. Wurde jedoch Cystin zugesetzt, so erwies sie sich als wirksam. Es ist noch nicht aufgeklärt, warum das vollständige Rose-Gemisch inaktiv war. Möglicherweise tragen Verunreinigungen im Threonin, das wir synthetisch hergestellt haben, daran die Schuld. Das Präparat enthielt außer der d- und l-Form auch eine geringe Menge Allothreonin.

Eins der wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen ist die Feststellung der Bedeutung des Cystins, das eine Schlüsselstellung unter den untersuchten Aminosäuren einnimmt, ferner auch die Erkenntnis, daß die benutzten Gewebezellen außerstande sind, das Methionin zu entmethylieren. Wird das Cystin aus der Bergmann-Mischung entfernt, so sind die verbleibenden 8 Säuren nicht länger imstande, das insuffiziente Medium zu komplettieren, und die Zellen zerfallen wie in einem dialysierten Medium. Cystin als alleinige Säure kann dagegen für kürzere Zeit den Mangelzustand des Mediums beheben, doch ist die vollständige Bergmann-Mischung eine weit vollständigere Nahrung für die Zellen als Cystin allein. Nach ROSE gehört also Cystin zu den entbehrlichen Säuren. Dies gilt aber nur für den intakten Organismus, nicht für eine Reihe isolierter Gewebezellen, die ihrerseits das Methionin nicht ausnutzen können.

In Anbetracht der Sonderstellung, die das Cystin unter den Aminosäuren in genannter Beziehung einnimmt, und ferner weil das Fehlen dieser Säure sich unter den beschriebenen Versuchsbedingungen so deutlich zu erkennen gab, war es sehr naheliegend, zu untersuchen, ob das gleiche auch für d (+)-Cystin Geltung hat. Die Bergmann-Mischung mit d-Cystin erwies sich als ebenso inaktiv wie die Mischung ohne Cystin. Dies sei nur als Beispiel erwähnt, um zu zeigen, daß es möglich ist, das aktuelle Arbeitsfeld, wie es von KÖGL und Mitarbeitern (13) erschlossen worden ist, auch mit Hilfe dieser Methoden zu untersuchen.

Das Cystin nimmt also eine wichtige Schlüsselstellung ein, und seine Wirkung beruht aller Wahr-

scheinlichkeit nach auf der Anwesenheit der Schwefelgruppen. Wir untersuchten deshalb, ob die gleich Wirkung durch andere schwefelhaltige Komponenten erreicht werden kann. Dabei zeigte sich, daß schwefelhaltige Eiweißstoffe (Eialbumin, Serumalbumin) nach Denaturierung eine deutliche Cystinwirkung besaßen. Auch Insulin, genuines wie denaturiertes, sowie Na_2S in schwachen Konzentrationen zeigten dasselbe Verhalten. Die gleichartige Wirkung dieser verschiedenen Stoffe spricht dafür, daß es sich in allen Fällen um dieselben wirksamen Faktoren, nämlich die Disulfid- bzw. Thiolgruppen, handelt.

Da wir wissen, daß diese Gruppen als Steuervorrichtung für eine Reihe enzymatischer Vorgänge von Bedeutung sind, liegt die Vermutung nahe, daß das Cystin weniger in seiner Eigenschaft als einfacher Baustein für die Zellen verwendet wird, als vielmehr für den Aufbau besonderer proteolytischer Enzyme, oder aber daß er als Aktivator hierfür etwa in Form von speziellen Redoxsystemen dient. Das Nächstliegende ist die Annahme, daß die Disulfidgruppe aktivierend auf ein proteolytisches System einwirkt und es damit den Zellen möglich macht, entweder das Protein im umgebenden Medium abzubauen oder eine Synthese der Zellsubstanz mit den übrigen Aminosäuren der Mischung einzugehen. Diese Annahme findet eine Stütze in dem Umstand, daß das Cystin allein nicht imstande ist, eine ebenso vollständige Wirkung zu entfalten, als wenn es in Verbindung mit einer Anzahl anderer Aminosäuren auftritt, die für sich selber keine Wirkung besitzen.

Um Klarheit über die Wesensbedeutung der übrigen Aminosäuren in der Bergmann-Mischung zu bekommen, müssen wir zu einer etwas anderen Versuchsanordnung übergehen. Treibt man die Dialyse des Züchtungsmediums noch weiter, so wird die komplettierende Wirkung der reinen Aminosäuren sehr verringert. Dies deutet darauf hin, daß die letzten Spuren von Aminosäuren oder anderen wichtigen Co-Faktoren vollständig entfernt worden sind. Weiter hat es sich früher herausgestellt, daß Kochextrakte aus Nierengewebe ein solches Medium beinahe ebensogut wie das nichtdialysierte Serum komplettieren (21). Wählten wir eine Konzentration von Nierenkochsaft oder Fraktionen davon derartig, daß sie gerade eben nicht mehr imstande waren, das Medium zu komplettieren, so wurden sie nach Zusatz von Bergmann-Mischung doch wieder wirksam. Mit Hilfe einer derartigen Differenzierungsmethode dürfte es zum Teil möglich sein, einerseits einige der wichtigen Stoffe im Kochsaft zu analysieren, die in der Aminosäuremischung fehlen, während andererseits die Bedeutung einzelner Säuren in einer Aminosäuremischung bekannter Zusammensetzung klargelegt werden könnte.

Bei diesen Versuchen konnte nun festgestellt werden, daß das Cystin eine unentbehrliche Säure für die Gewebezellen ist. Denn die Cystinkonzentration im verdünnten Kochsaft war nicht groß genug, um mit der cystinfreien Bergmann-Mischung zusammen eine komplettierende Wirkung auszuüben. Weiter stellte sich heraus, daß die unzureichende Wirkung des verdünnten Kochsaftes nicht allein auf einem Cystinmangel beruht (denn Cystin allein hebt den Mangelzustand nicht auf), sondern auch auf einem Mangel an anderen Aminosäuren. Mit Hilfe dieser Methode ist es gelungen festzustellen, daß Lysin und, was noch wichtiger ist, auch Glutaminsäure ebenfalls unentbehrlich sind. Über die Bedeutung der übrigen Säuren des Gemisches konnte mit diesem Verfahren vorläufig noch nicht entschieden werden. Glutaminsäure gehört nach ROSE nicht zu den essentiellen Säuren. Es stellte sich also heraus, daß der Aminosäureverbrauch der Gewebezellen ein anderer ist als der des Gesamtorganismus, denn dieser kann selber die notwendige Glutaminsäure herstellen. Für die Gewebezellen in der Kultur dagegen ist die Glutaminsäure unentbehrlich, sie sind nicht imstande, diese Säure selber zu bilden. Glutaminsäure nimmt, wie bekannt, innerhalb der Entaminierungs- und Aminierungsvorgänge eine Sonderstellung ein (14, 15), und ihre Hauptaufgabe scheint darin zu bestehen, die NH_2-Gruppe für die Bildung anderer Aminosäuren zu liefern. Sie ist dabei die einzige Säure, die der Organismus aus einer einfachen N-Quelle herstellen kann, und sie bildet die Grundlage für die Aminosäuresynthese. Der Organismus kann nämlich Glutaminsäure durch reduktive Aminierung von α-Ketoglutarsäure bilden. Hierbei wird dem Organismus freies Ammoniak verfügbar.

3.

Wie schon erwähnt, enthält ein Kochsaft aus der Niere Stoffe, die das dialysierte Züchtungsmedium beinahe vollständig komplettieren. Daraus kann geschlossen werden, daß der Extrakt sämtliche Stoffe enthält, die für das Leben und Wachstum der Zellen wichtig sind. Daß es sich hierbei um Stoffgruppen handelt, die in ihrer Wirkung mit den aus dem Züchtungsmedium entfernten gleich sind, geht aus dem Umstand hervor, daß sie wie diese dialysierbar und kochfest sind. Da außerdem die Komplettierungsfähigkeit des Kochsaftes größer als die der vollständigen Aminosäuremischung ist, kann man aus allem schließen, daß es auch noch andere Stoffe als die in der Säuremischung vorhandenen geben muß, die für das Gedeihen der Zellen wichtig sind. Hierbei könnte es sich um verschiedene Co-Faktoren und Aktivatorstoffe für enzymatische Vorgänge handeln, oder auch um solche Stoffe, von denen man empirisch weiß, daß ihnen große physiologische Bedeutung zukommt. Das letztere scheint aber kaum der Fall zu sein. Wir haben nämlich versucht, die Bergmann-Mischung mit Salzen aus veraschtem, nichtdialysiertem Blutserum zusammen mit Vitamin B_1, B_2 und C, Nikotinsäure und Glutathion zu ergänzen, aber eine Wirkung blieb

aus. Es war dann die Frage zu erwägen, ob nicht die wirksamen Stoffe im Nierenkochsaft Abbauprodukte des Eiweißes, also evtl. Polypeptide, sein konnten. Diese Annahme wurde auch dadurch gestützt, daß trypsinverdautes Dialyseserum eine größere Wirkung als die reine Aminosäuremischung ausübte.

Eine Reihe Fraktionierungsversuche wurde mit Nierenkochsäften ausgeführt. Hierbei zeigte sich u. a., daß ein recht großer Teil der wirksamen Stoffe durch die Behandlung mit Trichloressigsäure entfernt worden war. Ein kleiner Teil blieb jedoch zurück, und dessen Wirkung entsprach etwa der des Gemisches von reinen Aminosäuren, was übrigens auch durch die morphologische Erscheinung der Zellen zum Ausdruck kam. Durch diese Behandlung wird also ein Teil der wichtigen Stoffe mit entfernt. Nach Fällung mit Bleiazetat blieb der wirksame Teil in der Mutterlauge zurück. Bei Behandlung des Kochsaftes mit Fullererde wurde viel N-haltige Substanz entfernt, die Aktivität des Extraktes blieb aber erhalten. Ein großer Teil der aktiven Stoffe ist in Alkohol löslich. Die Untersuchungen zeigten auch, daß mehrere wichtige Stoffe im Kochsaft vorhanden sind, die bei der Fraktionierung voneinander getrennt werden und infolgedessen in inaktiven Lösungen resultieren. Da vermutet werden mußte, daß die höheren Eiweißabbauprodukte für den Stoffwechsel der Gewebezellen von Bedeutung sind, wurden besondere Untersuchungen hierüber angestellt, indem die Wirkung der durch Pepsin und Erepsin abgebauten dialysierten homologen und heterologen Eiweiße studiert wurde.

In pepsinverdautem dialysiertem Hühnerserum fangen Hühnergewebezellen sogleich zu wachsen an, bisweilen ebensogut wie in nichtdialysiertem Medium. Das Wachstum kann recht ansehnliche Größen erreichen, und die Zellen weisen alle ein gesundes Aussehen auf. Wird außerdem dialysierter Embryonalextrakt zugefügt, so können die Zellkolonien es zu ganz außerordentlichen Größen bringen. Mit anderen Worten: die Zellen können die Mischung der mehr oder weniger hochmolekularen Spaltprodukte des Eiweißes in höherem Grade als die Mischungen reiner Aminosäuren ausnutzen. Dieses Verhalten kommt auch zum Ausdruck, wenn das pepsinverdaute homologe Serum weiter mit Erepsin abgebaut wird. Hierbei wird die komplettierende Wirkung wie auch das Wachstum deutlich geringer. Gegen diese Versuche kann nicht, wie bei den Untersuchungen mit reinen Aminosäuren, der Einwand erhoben werden, daß eine oder mehrere der wichtigen Säuren fehlen könnten, denn wir haben aus den Untersuchungen von WHIPPLE (1) erfahren, daß die Serumeiweiße sämtliche notwendigen Aminosäuren enthalten müssen.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Abbauprodukten der heterologen Sera und Eiweißstoffe. *Während die höheren Spaltprodukte der homologen Eiweißstoffe leichter und rascher als die niederen Produkte ausgenutzt werden, verhält es sich umgekehrt mit den Produkten aus den entsprechenden heterologen Eiweißen.* Diese Untersuchungen sind einerseits mit Serum von Kaninchen, Schwein, Pferd, Ochse und Mensch, andererseits mit Ochsenfibrin, kristallisiertem Eialbumin, Kasein, Gelatine, Edestin und Gliadin ausgeführt worden (16). Mit Ausnahme der Produkte des Gelatins, die ganz unwirksam waren, *zeigten die durch Pepsin abgebauten übrigen heterologen Eiweiße, verglichen mit den entsprechenden Produkten des homologen Eiweißes, entweder gar keine oder doch nur geringe Wirkung.* Auch in anderer Hinsicht verhielten sich die heterologen und die homologen Eiweiße verschiedenartig: *die mit Erepsin weiter abgebauten heterologen Eiweiße waren durchgehend wirksamer als die entsprechenden mit Pepsin abgebauten.* Obendrein machte sich auch in morphologischer Beziehung der Unterschied zwischen den höheren und den niederen Spaltstücken der Eiweiße bemerkbar. Das Protoplasma der Gewebezellen in sämtlichen pepsinverdauten heterologen Eiweißen zerfiel in größere oder kleinere Stückchen, die oval oder kreisrund erschienen. Das Protoplasma selber blieb ganz wasserklar mit einer einzelnen größeren oder kleineren Vakuole. Das Bild ist dem sehr ähnlich, das früher beobachtet worden ist, wenn die Zellen in einem sehr unvollständigen Gemisch von Aminosäuren lebten. Die mit Erepsin abgebauten heterologen Eiweiße zeigten sämtlich ein anderes Bild. Die Zellen hatten ihre schlanke Spindelform behalten, zeigten aktive Pseudopodien, und das Protoplasma war meistens fein granuliert. Diese morphologischen Merkmale fehlten völlig in pepsinverdautem homologem Serum. Es ist das ein charakteristisches Bild, das darauf hindeutet, daß die Zellen unter einem Mangel an wichtigen Eiweißbausteinen leiden, die für die Synthese des Cytoplasmaeiweißes bedeutsam sind.

Untersuchungen wurden auch eingeleitet mit dem Ziele, die Wirkung der verschiedenen pepsinverdauten homologen und heterologen Eiweißstoffe auf andere Gewebezelltypen, nämlich Bindegewebszellen aus Herz und Leber von Hühnerembryonen, festzustellen. Hierbei wurden recht große Unterschiede beobachtet. Während die periostalen Fibroblasten mit pepsinverdautem Ochsenserum nicht am Leben erhalten werden konnten, gab es in einigem Grade Wachstum bei Herzfibroblasten. Auf Leberfibroblasten war die Wirkung noch größer, indem sie mit dem pepsinverdauten Ochsenserum beinahe ebenso stark wie die periostalen Fibroblasten in einem entsprechenden homologen Präparat wuchsen. Die Produkte des Schweineserums, die auf periostalen Fibroblasten so gut wie unwirksam waren, erwiesen sich als einigermaßen aktiv auf Herz- und etwas weniger auf Leberfibroblasten.

Diese Beispiele genügen, um zu zeigen, daß verschiedene Gewebezelltypen derselben Tierart auf die höheren Spaltprodukte von heterologen Eiweißen verschieden reagieren. Daraus kann ge-

folgert werden, daß das Zytoplasma verschiedener Zelltypen einer Tierart nicht nach einem und demselben Muster aufgebaut wird, was im übrigen auch in der Wirkung ihrer Enzyme zum Ausdruck kommt.

Die Untersuchungen zeigen mit aller Deutlichkeit, daß die Gewebezellen die höheren Abbauprodukte verwerten können. Die glatte Wirkung der homologen Abbauprodukte gegenüber der der heterologen spricht dafür, daß die Gewebezellen die Polypeptide ohne vorhergehenden Abbau in sich aufnehmen. Die lange Latenzzeit und die schlechte Ausnutzung der Polypeptide aus heterologen Eiweißen läßt vermuten, daß sie entweder überhaupt nicht augenutzt werden können, oder daß sie mindestens zuerst, bevor ihr Einbau in das Zytoplasma der Zellen möglich ist, abgebaut werden müssen. Aus denselben Gründen sind die niederen Bausteine der heterologen Eiweiße wirksamer als die entsprechenden höheren. Die Produkte des homologen Eiweißes verhalten sich umgekehrt, d. h. die höheren Produkte werden besser, die niederen schlechter verwertet. Der Artunterschied der Eiweiße macht sich also auch in der Wirkung der Polypeptide deutlich bemerkbar.

Der Bauplan der Polypeptide aus homologem Eiweiß entspricht im wesentlichen dem des Proteins der Zellen. Hieraus kann der Schluß gezogen werden, daß das Muster der Peptide dafür bestimmend ist, ob sie von den Zellen als solche verwertet werden können oder nicht. Weiter besagen die Versuchsergebnisse, daß der enzymatische Apparat der Zellen in der Weise eingerichtet sein muß, daß der Ab- und Aufbau der Eiweißspaltprodukte nach einem ganz bestimmten Plan erfolgt und daß dieser für jede Tierart, möglicherweise auch für jeden Zelltyp innerhalb desselben Organismus, charakteristisch ist. BERGMANN und NIEMANN (17) haben bekanntlich aus ihren Untersuchungen den Schluß gezogen, daß die einzelnen Aminosäuren in der Peptidkette sich periodisch in bestimmten Abständen wiederholen. Weiter wird von ihnen behauptet, daß es in den Zellen einen Organisator gibt, der den Aufbau der Peptide in dieser Weise steuert. Stellen wir uns vor, daß dieser Organisator das Enzym selber ist, so wird es wahrscheinlich, daß der Abbau nur auf Peptide mit einer bestimmten Konfiguration beschränkt ist.

Es ist mit Hilfe der höheren Abbauprodukte der Eiweiße durchaus möglich, einen Einblick in die Physiologie des Eiweißstoffwechsels der normalen und der erkrankten Gewebezellen zu gewinnen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen stützen die Annahme, wonach die komplettierende Wirkung des Nierenkochsaftes auf das insuffiziente Dialysemedium seinem Gehalt an höheren Eiweißabbauprodukten zu verdanken ist. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß das gleiche auch für die Wirkung des frischen Blutserums gilt. In der neuesten Zeit haben mehrere Untersucher [CRISTOL und FOURCADE (18), GODFRIED (19)] angegeben, daß Polypeptide einen normalen Bestandteil des Blutes bilden und darin einen Gehalt von etwa 7 mg% ausmachen.

4.

Nachdem sich gezeigt hat, daß Gewebezellen in homologem Eiweiß nicht ohne Eiweißabbauprodukte leben können, entsteht die Frage, welche Bedeutung eigentlich den Bluteiweißen für die Zellen zukommt. Sind sie inerte Stoffe, die mit der Ernährung und dem internen Stoffwechsel der Zellen nichts zu tun haben, oder dienen sie als Vehikel, wie es von BENNHOLD (20) angenommen wurde?

Mit Sicherheit weiß man, daß die Bluteiweiße eine Rolle für die Erhaltung besonderer chemisch-physikalischer Zustände spielen, die für die gesamten Zellvorgänge von Wichtigkeit sind. Wir haben Untersuchungen über die Züchtung der Gewebezellen in dialysierten Medien ausgeführt, wobei die Konzentration des Dialyseserums variiert wurde. Sowohl den Kontroll- wie den Versuchskulturen wurde die vollständige Bergmann-Aminosäuremischung zugesetzt. Sämtliche Kontrollen bekamen gleichmäßig 0,5 ml unverdünntes Dialyseserum, die Versuchskulturen 0,5 ml Dialyseserum mit verschiedenen Mengen Tyrodelösung verdünnt. In der Konzentration von 10% Serum waren die Zellen 24 Stunden nach Versuchsbeginn in Auflösung; bei 25% Serum nach 2—3 Tagen; bei 40% Serum nach 4 Tagen. Die Zellen in den Kontrollen blieben über diese Perioden hinaus klar und aktiv. Die so beobachtete Empfindlichkeit der Zellen gegenüber Eiweißkonzentrationen ist wohl auf eine Verschiebung im Donnangleichgewicht zurückzuführen. Nicht allein wird der kolloid-osmotische Druck in den Zellen größer, sondern gleichzeitig damit steigt auch die Elektrolytkonzentration. In Verbindung hiermit wird der intrazellulare Druck recht groß, was dadurch zum Ausdruck kommt, daß die Zellen platzen und sich auflösen. Auf diese Weise lassen sich auch die erwähnten negativen Ausfälle der Untersuchungen über die Bedeutung der Aminosäuren, die von MAYER und FISCHER (6) angestellt waren, erklären.

Kein einziger der untersuchten Gewebezelltypen war imstande, in dialysierten Plasmamedien das Leben fortzusetzen. Selbst Gewebezellen, deren Funktion darin besteht, proteolytische Enzyme zu erzeugen, waren nicht fähig, darin weiterzuleben. Darmepithel aus 20tägigen Hühnerembryonen, das sonst in einem gewöhnlichen frischen Medium ausgiebige Verflüssigung des Plasmagerinnsels hervorruft, entwickelte nur am Anfang kurze Zeit einen kleinen Verflüssigungshof, ging aber bald ein und verfiel der Autolyse. In gleicher Weise verhielten sich ROUS' Hühnersarkomzellen, die normalerweise das Plasmamedium in geradezu stürmischem Tempo verflüssigen. Auch Chorionepithelzellen konnten ihr Leben nicht ohne Eiweißbausteine fortsetzen. Wurde dagegen die Bergmann-Mischung zu-

gegeben, so blieben die Zellen nicht nur alle am Leben, sondern setzten auch ihre proteolytische Tätigkeit fort. Eigentümlich genug: die Gewebezellen, deren Aufgabe im Körper darin besteht, die verschiedensten Nahrungseiweiße abzubauen, um sie dadurch für die übrigen Zellen des Körpers dienlich zu machen, sind nicht imstande, das umgebende homologe oder heterologe Eiweiß derart abzubauen, daß sie selber mit den notwendigen Bausteinen versorgt werden. Wir wissen jetzt auch, daß die Zellen nicht allein Aminosäuren, sondern auch die höheren Peptide verwerten können. Falls die proteolytischen Prozesse der Zellen in Kulturen bis zu den Aminosäuren gehen, wird auch die wichtige Aminosäure Cystin entstehen, die sowohl für die Aktivierung der Enzyme wie auch für den Aufbau des Eiweißes von Bedeutung ist.

Hiernach sollte man eigentlich erwarten, daß das Wachstum, nachdem es einmal in Gang gesetzt ist, von selber weiterläuft. Diesen „Circulus vitiosus" jedoch können die Zellen augenscheinlich nicht durchführen. Sie können offenbar ihre proteolytische Tätigkeit nicht aufrechterhalten und zugleich auch noch die dabei entstandenen Produkte verwerten. Auf den ersten Blick sieht es so aus, als ob das Bluteiweiß als Nahrungsquelle für die Gewebezellen gar keine Bedeutung hat, oder richtiger ausgedrückt, als ob die Aufgabe des Bluteiweißes nicht darin besteht, als Nährstoff für die Zellen zu dienen.

Diese Erklärung ist zwar sehr naheliegend, muß aber doch grundsätzlich als unzutreffend abgelehnt werden. Wohl aber spricht vieles dafür, daß das Bluteiweiß einen ganz außerordentlich wichtigen Ernährungsfaktor für sämtliche Gewebezellen darstellt. Nach unserer Überzeugung kommt man der Wirklichkeit am nächsten, wenn man sagt, daß sämtliche Gewebezellen das Eiweiß abbauen und verwerten, vorausgesetzt nur, daß auch Eiweiß*abbauprodukte* vorhanden sind. Denn für die Synthese des Zytoplasmas ist die Vorbedingung zu erfüllen, daß die Zellen für den Aufbau und die Aktivierung der Fermente über Abbauprodukte verfügen. Die augenfällige starke Eiweißverflüssigung, die bei einigen besonderen Gewebezellen in Erscheinung tritt, unterscheidet diese bloß quantitativ von Zellarten, bei denen kaum eine sichtbare Proteolyse zum Ausdruck kommt. Wir wissen, daß Gewebezellen auch Proteasen enthalten. In den Leukozyten kommen z. B. Kathepsin und auch Trypsin vor; in der Milz hat man auch ein pepsinähnliches Enzym nachgewiesen. Wenn Zellen, die Proteasen enthalten, trotzdem die nötige Nahrung in einem dialysierten Medium aus dem umgebenden Eiweiß nicht herausholen können, so beruht das sicher darauf, daß der Residualgehalt der Zellen an niederen Eiweißbausteinen zu klein ist. Er ist jedenfalls nicht ausreichend, um eine Synthese in Gang zu bringen, die zur sicheren Einleitung des Prozesses genügt. Der Verbrauch der Zellen an niederen Eiweißabbauprodukten ist möglicherweise größer als die herstellbare Menge. „Die Nachfrage ist größer als das Angebot."

Wir haben öfter eine Beobachtung gemacht [FISCHER und ASTRUP (21)], die hiermit vielleicht in Zusammenhang steht. So können z. B. Kulturen, die mit reinen Aminosäuren gut ins Wachstum gekommen sind, unvermutet auch nach Weglassen der Aminosäuren dieses Wachstum stürmisch fortsetzen. Für eine solche „Selbstaktivierung" könnten folgende Erklärungen gegeben werden:

1. Durch Autolyse der Zellen können, nachdem die Zellkolonie eine gewisse Größe erreicht hat, Proteinasen frei werden und dann ihre Tätigkeit unabhängig von den Zellen fortsetzen. Die Größe der Zellkolonie kann hierbei womöglich eine Rolle spielen, indem bei ihrem Anwachsen auch die Azidität des umgebenden Mediums stärker wird und das p_H-Optimum der Wirkung eines Kathepsins erreichen kann.

2. Besondere Zelltypen (die etwa eine Verunreinigung der Kultur darstellen) können elektiv auf Kosten der übrigen weiterwachsen.

3. Eine Anpassung der Zellen an die gegebenen Bedingungen könnte stattfinden, wie es etwa von den Bakterien bekannt ist.

Von diesen Erklärungsmöglichkeiten scheint uns die erste die wahrscheinlichste zu sein.

Untersuchungen von G. H. WHIPPLE und Mitarbeitern (1) geben eine gute Stütze für die Annahme, daß die Bluteiweiße am internen Stoffumsatz der Zellen teilnehmen und als Nahrung dienen. Die Verfasser drücken sich in der Weise aus, daß sie sagen, es finde zwischen dem Eiweiß des Organismus und den Plasmaproteinen „a give and take" statt.

Tiere können während des Fastens durch intravenöse Einführung von Plasmaproteinen im Gleichgewicht gehalten werden in bezug auf sowohl N als auch Gewicht, und zwar viele Tage lang und vielleicht unbegrenzt. Hieraus schließen die Verfasser, daß das Eiweiß in den Stoffumsatz eingeht. Wird Hämoglobin, das ein unvollständiges Eiweiß ist, eingespritzt, so bildet sich kein neues Plasmaprotein. Auch gewisse Aminosäuren sind hinsichtlich ihrer Fähigkeit, das Plasmaprotein zu regenerieren, untersucht worden. Es wird von WHIPPLE und Mitarbeitern angegeben, daß das Cystin eine Schlüsselstellung bei der Regeneration des Plasmaeiweißes einnimmt.

Das Eiweiß des Blutes macht einen Teil eines gut ausbalancierten Systems des Körperproteins aus, d. h. es besteht ein dynamisches Gleichgewicht. HOWLAND und HAWKINS (22) haben gezeigt, daß der Umsatz des eingeführten Plasmaeiweißes nicht zu einer Erhöhung des Aminosäuregehaltes im Blute führt, die groß genug wäre, um als gesteigerter Urin-N und Zucker bei den mit Phlorizin vergifteten Hunden erkannt zu werden. Die Auffassung der genannten Verfasser über den Umsatz der Bluteiweiße ist folgende: Als Baumaterial dient das Nahrungseiweiß, das den Orga-

nismus mit Aminosäuren versorgt und aus dem in der Leber die Plasmaproteine aufgebaut werden. Ein Teil hiervon bildet eine Reserve. Die Versorgung mit Aminosäuren, die von außen kommen, und die Anforderung des Organismus an Eiweißmaterial stehen in konstantem Gleichgewicht. Wenn der Organismus für den Aufbau des Zytoplasmas neues Protein braucht, dieser Bedarf aber größer ist als die exogene Zufuhr, dann wird auf die Reserven gezogen. Was die Umwandlung des Plasmaeiweißes zu Zytoplasma betrifft, wird von den genannten Verfassern die Möglichkeit erörtert, daß der Organismus eher das Bluteiweiß partiell abbaut und aus den höheren Bausteinen neues Zytoplasma synthetisiert, als daß er das Eiweiß ganz bis zu Aminosäuren abbauen müßte, bevor es als individuelles Zelleiweiß eingebaut werden könnte. Die Verfasser sind selber der Meinung, daß diese Vermutung bei vielen Forschern auf Widerspruch stoßen wird mit der Begründung, daß eine Synthese aus den höheren Eiweißabbauprodukten (Polypeptiden) mit der Spezifität des Eiweißes in bezug auf ihre Struktur unvereinbar sei. Daß derartiges jedoch durchaus möglich ist, wird durch unsere eigenen Untersuchungen vor Augen geführt, denn sie ergaben, daß gerade die höheren Abbauprodukte der homologen Eiweiße besonders glatt und wirkungsvoll im Vergleich mit denen den niederen Bausteinen ausgenutzt werden. Außerdem stützen unsere Beobachtungen auch die Annahmen von WHIPPLE, wonach sich die proteolytischen Fähigkeiten z. B. maligner Geschwulstzellen in der Kultur fast ausschließlich im homologen Medium und nicht oder höchstens in sehr geringem Ausmaß im heterologen entfalten.

Aus den Untersuchungen von SCHOENHEIMER und Mitarbeitern (23) mit Hilfe von Isotopen geht hervor, daß das Eiweiß des Organismus in weit stärkerem Grad als man vorher geglaubt hatte, reaktionsfähig ist. Die N-Gruppen der Gewebeproteine sind ständig an chemischen Reaktionen beteiligt. Peptidverbindungen werden geöffnet und Aminosäuren freigesetzt. Die Aminosäuren können direkt in freie Plätze („Rupturen in den Peptidbindungen") hineinwandern. Andere übertragen ihr N auf entaminierte Säuren, wodurch neue Säuren gebildet werden. Glutaminsäure und Asparaginsäure, ebenso Eiweiße aus Serum und der Leber, sind an dem „Durcheinander" des Stoffwechsels besonders beteiligt.

Eine Fortsetzung der Untersuchungen über den Eiweißstoffwechsel der isolierten Gewebezellen in Medien von bekannter Zusammensetzung wird uns zweifellos wertvolle Auskünfte geben, wie sie kaum durch andere gegenwärtig geübte Methoden erreicht werden können. Die Vorteile hierbei sind: 1. die Zellen bleiben intakt und wachsen unter physiologischen Bedingungen; 2. die Untersuchungen können reine Stämme verschiedener Gewebezelltypen umfassen; 3. die experimentellen Bedingungen können in sehr weitem Ausmaß variiert werden; 4. die ganz speziellen Enzymsysteme können zum Gegenstand einer sehr genauen Analyse gemacht werden.

Während man sich früher damit begnügen mußte, diejenigen Enzyme, die sich aus den Zellen extrahieren ließen, oder in gegebenen Fällen Präparate aus überlebenden Geweben zu benutzen, sind jetzt Möglichkeiten eröffnet, die Untersuchungen mit intakten Gewebezellen, an deren lebendiger Struktur die Enzymaktivitäten gebunden sind (Desmoenzyme), auszuführen. Bei Zerstörung der Zellen werden solche Systeme zerstört, während man andererseits bei Benutzung überlebender Zellen unter unnormalen Bedingungen zu Ergebnissen kommt, die mit den wirklichen physiologischen Verhältnissen nicht übereinstimmen. Es ist bekannt, daß isolierte Gewebe anders arbeiten als der Gesamtorganismus. Die überlebenden Gewebe verfügen z. B. über d- und l-Aminosäureoxydase und bauen d-Aminosäuren schneller und auf andere Weise als die l-Formen ab. Sodann ist es von großer Bedeutung, die nackten Protoplasten zum Gegenstand solcher Untersuchungen zu machen wegen ihrer spezialisierten Enzymtätigkeit, durch die sie sich von den einzelligen Organismen, den Protozoen, Amöben und Bakterien, unterscheiden. Die letzteren können ja die komplizierten Nährstoffe aus der Umwelt in sich aufnehmen und sie in der gleichen Weise wie der höhere Organismus verarbeiten.

Die vorläufigen Untersuchungen, über die hier berichtet worden ist, haben gezeigt, daß die Möglichkeit besteht, mittels der mehr oder weniger hochmolekularen Eiweißabbauprodukte die verschiedenen Gewebezelltypen mit Bezug auf ihren Eiweißstoffwechsel zu differenzieren. Das ist früher nicht möglich gewesen, man hat sich deshalb bisher mit vagen morphologischen Merkmalen begnügen müssen. Außerdem eröffnet sich jetzt die Aussicht, von einer anderen Seite her das äußerst aktuelle Arbeitsgebiet, das F. KÖGL (13) durch seine Arbeiten über die Bedeutung der nichtnatürlichen Aminosäuren für den Eiweißstoffwechsel der malignen Geschwulstzellen eröffnet hat, zu beleuchten.

Der Wert solcher Untersuchungen liegt gerade darin, daß nicht chemisch-analytische Verfahren, sondern die Geschwulstzellen selber entscheiden, ob und inwieweit sie imstande sind, die nichtnatürlichen Aminosäuren zu verwerten, so wie wir z. B. schon zeigen konnten, daß das l-Cystin im Eiweißstoffwechsel der normalen Gewebezellen nicht durch das d-Cystin ersetzt werden kann.

Literatur.

1. S. C. MADDEN u. G. H. WHIPPLE, Physiologic. Rev. **20**, 194 (1940). — 2. M. T. BURROWS u. C. A. NEYMANN, J. of exper. Med. **25**, 93 (1917). — 3. A. CARREL u. A. H. EBELING, C. r. Soc. Biol. Paris **50**, 31 (1924). — 4. L. E. BAKER u. A. CARREL, J. of exper. Med. **44**, 397 (1926). — 5. A. FISCHER, Acta physiol. scand. (Stockh.) **3**, 54 (1941). — 6. E. MAYER u. A. FISCHER, Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) **75**, 268 (1937). — 7. A. FISCHER u. R. C. PARKER, Arch. exper. Zellforsch.

8, 325 (1929). — 8. L. E. BAKER u. A. CARREL, J. of exper. Med. 47, 353 (1928). — 9. L. E. BAKER u. A. CARREL, J. of exper. Med. 48, 533 (1928). — 10. A. FISCHER, Acta Physiol. scand. (Stockh.) 2, 144 (1941). — 11. M. BERGMANN u. C. NIEMANN, J. of biol. Chem. 115, 77 (1936). — 12. W. C. ROSE, Physiologic. Rev. 18, 109 (1938). — 13. F. KÖGL u. H. ERXLEBEN, Hoppe-Seylers Z. 258, 57 (1939). — 14. A. E. BRAUNSTEIN u. M. G. KRITZMANN, Enzymologia 2, 129 (1937). — 15. A. E. BRAUNSTEIN, Enzymologia 7, 25 (1939). — 16. A. FISCHER, Acta physiol. scand. (Stockh.) 1942 (im Druck). — 17. M. BERGMANN u. C. NIEMANN, J. of biol. Chem. 110, 471 (1935); 115, 77 (1936); 118, 301 (1937); 122, 575 (1938). — 18. P. CHRISTOL u. J. FOURCADE, C. r. Soc. Biol. Paris 131, 636 (1939). — 19. E. G. GODFRIED, Biochemic. J. 33, 955 (1939). — 20. H. BENNHOLD, Verh. dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 5, 226 (1932). — 21. A. FISCHER u. T. ASTRUP, Pflügers Arch. 245, 633 (1942). — 22. J. W. HOWLAND u. W. B. HAWKINS, J. of biol. Chem. 123, 99 (1938). — 23. R. SCHOENHEIMER, S. RATNER u. D. DITTENBERG, J. of biol. Chem. 130, 703 (1939).

Die diluviale Vereisung des Barentsseeschelfes.

Von JOACHIM BLÜTHGEN, Greifswald.

Im Rahmen einer Betrachtung über die jüngere morphogenetische Geschichte des Skandik, d. h. des Europäischen Nordmeeres und seiner Umrandung (1), ist auch die Frage der diluvialen Vereisung des Barentsschelfes berührt worden, also jener Flachsee, die sich zwischen Nordeuropa und Spitzbergen, Franz-Joseph-Land, Nowaja Semlja und Nordland erstreckt (s. Fig. 1). Es ist angebracht, dieses Problem ausführlicher, als es im Rahmen der genannten Arbeit zweckmäßig erschien, zu behandeln. Der Gedanke, daß dieses Schelfgebiet während des Diluviums unter fest dem Boden aufliegendem Landeis begraben lag, ist bereits 1900 in einer Arbeit G. DE GEERS (2) angedeutet. Die ältere Literatur ist zum großen Teil 1929 von ANTEVS in einer wichtigen referierenden Zusammenfassung (3) berücksichtigt worden, so daß hier ein Hinweis auf diese Stelle genügen mag. Es muß jedoch sogleich hinzugefügt werden, daß die gerade für das vorliegende Thema besonders wichtigen Arbeiten NANSENS (vor allem 4) von ANTEVS gänzlich außer acht gelassen worden sind. Auch bringt ANTEVS keinen neuen Gesichtspunkt zur Sprache, sondern hält in Anlehnung an einige Gewährsmänner die diluviale Vereisung des eigentlichen Schelfgebietes für nicht wahrscheinlich bis auf den Südosten, wo Eiskappen von Nowaja Semlja, dem Ural und Timan sowie Fennoskandien sich vereinigend bis über Kolgujew und Kanin hinausgereicht haben sollen. In diesem Sinne sind auch ANTEVS' Karten der Maximalausbreitung des Eises gezeichnet worden. Der schon vor NANSEN von DE GEER (2) geäußerte Gedanke einer Vereisung des Schelfes wird damit fallen gelassen. DE GEER schloß aus der Richtung der Schrammen in Südostspitzbergen auf ein südöstlich davon im Schelfbereich liegendes Eiszentrum, das nach NW in Richtung auf die südostspitzbergische Küste vorgestoßen sein soll. Damit hatte DE GEER zugleich vorausgesetzt, daß das Schelfgebiet zwecks Ausbildung der sich radial ausdehnenden Barentseiskappe trocken gelegen haben muß. Dies ist ein Postulat, das uns noch öfter begegnen wird. Zwar kann entsprechend dem spezifischen Gewicht des Eises eine vom Lande sich vorschiebende Eismasse auch unter dem Wasserspiegel so lange dem Meeresboden aufliegen und Erosionsarbeit leisten, bis der Auftrieb mit wachsender Tiefe die Eigenschwere des Eises erreicht, praktisch also, wenn die Wassertiefe etwa 80% der Gesamteismächtigkeit unterschreitet. Eine solche Eismasse kann aber natürlich nicht in einer Wasserfläche ihren Mittel- und Ansatzpunkt haben! Darum ist die Annahme DE GEERS von der Schelfvereisung zugleich verbunden mit der Annahme der Wasserunbedecktheit des Schelfes während eben dieser Vereisung. Inwieweit die letztere Folgerung durch DE GEERS bekannte tektonische Hypothese zu Recht gestützt wird, ist eine uns hier nicht näher zu beschäftigende Frage. Wir stoßen aber auch auf anderem Wege auf ähnliche Schlußfolgerungen.

Bei ANTEVS (3), WOLDSTEDT (5) und SÖRGEL (6), der die Karte von WOLDSTEDT wiedergibt, ist noch bis 1938 der Rand der Maximalvereisung nördlich Fennoskandiens so gezeichnet worden, daß die eigentliche Fläche des Schelfes nicht erreicht wurde. Die Karte von ANTEVS ist auch 1934 von DALY (7) in der 2. Auflage seines Buches wiedergegeben worden. Es hatte also den Anschein, als sei bis dahin der Gedanke einer diluvialen Vereisung des Barentsseeschelfes wieder vollkommen fallen gelassen worden. Allerdings veröffentlichte DALY im gleichen Buch noch eine andere Karte (Fig. 30), die die gleiche Maximalvereisung wie in der von ihm ebenfalls zitierten Karte von ANTEVS (Fig. 15) angeben soll; in dieser ist dann der Barentsschelf bis zu seinem atlantischen Saum als eisbedeckt verzeichnet worden. Die Ansichten sind infolge dieser zahlreichen Inkonsequenzen als verworren zu bezeichnen, und es bestand kein Bild, das nun alle bis dahin erschienenen Beiträge gleichmäßig ausgewertet hätte.

Zu den zeitigen Vertretern der Ansicht von der diluvialen Vereisung des genannten Schelfes gehört außer DE GEER, wie schon erwähnt, F. NANSEN (4). Es ist gut möglich, daß ANTEVS, dessen genannte Arbeit von anderen Fachleuten viel herangezogen worden ist und in der NANSEN, wie gesagt, übergangen ist, unwillkürlich zur Aufgabe der Idee einer Barentsschelfvereisung entscheidend beigetragen hat. Die NANSENsche Ansicht ist aber trotzdem aufgegriffen worden und hat damit eine parallele Diskussionsreihe befruchtet, deren Hauptausgangsarbeit von RAMSAY (8) stammt. Da diese Arbeit posthum erschien, blieb ihre weitere Auswertung anderen vorbehalten, in

diesem Zusammenhange ALBRECHT PENCK (9). In der Arbeit von RAMSAY wird auch eine Karte veröffentlicht, die den Schelf als vereist in das

auch in der PENCKschen Haushaltsberechnung kein Posten, der das Barentseis für sich darstellt.

Zwar ist somit der Gedanke der Vereisung des

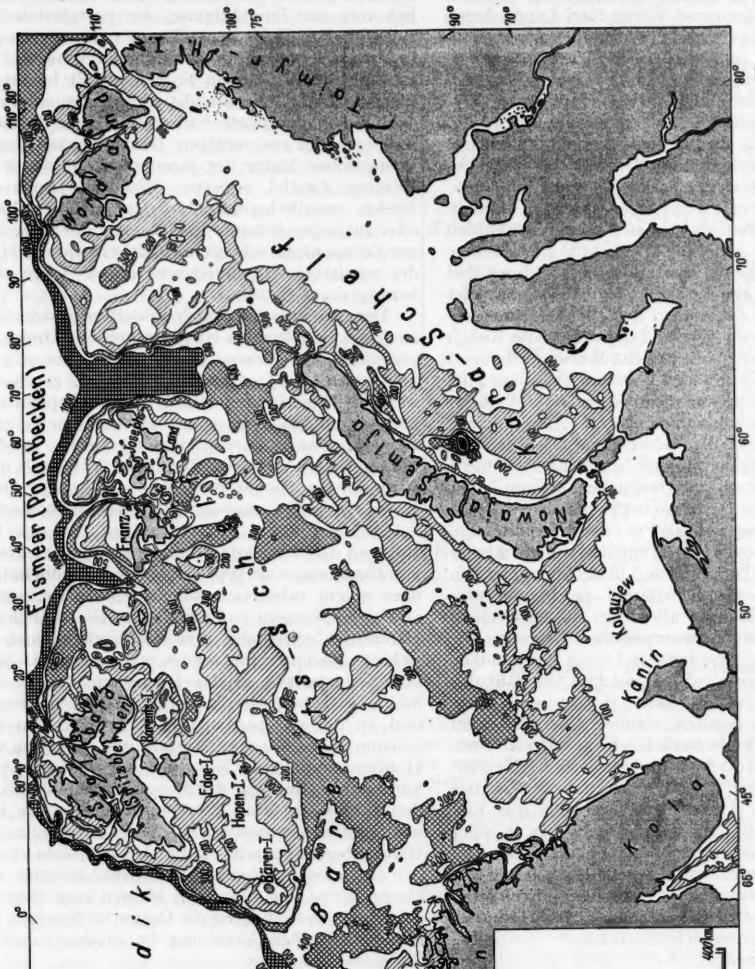

Fig. 1. Tiefenkarte des nordeuropäischen Schelfmeeres (nach dem Gr. Sowjet-Weltatlas, Teil I, Tafel 20). Die Barents- und Karasee stellen, wie die Karte an Hand der Tiefenstufen zeigt, nur relativ seichte Meeresteile dar mit einem äußerst unruhigen Bodenrelief; in ihm wechseln Einmuldungen mit Erhebungen ab. Der Abfall dieses Schelfes gegen die Tiefen des nördlichen Skandik und des Polarmeeres ist schroff, und der Tiefseeboden dieser echten Ozeanbecken ist, soweit bekannt, schwach reliefiert. Schon in diesem Gegensatz offenbart sich der Schelf als Teil des Festlandsockels und besitzt mit den heute übermeerischen Teilen viele auffällige Gemeinsamkeiten.

Bereich des nordeuropäischen Eises einbegreift, ihn aber nicht als selbständiges Eiszentrum darstellt bzw. bespricht, was volumenmäßig nicht ganz unwesentlich ist. Dementsprechend erscheint

Schelfes an sich keineswegs neu, was zur Ergänzung hier vermerkt sei, jedoch stehen sich, wie aus dem Gesagten hervorgehen dürfte, die Ansichten sehr widerspruchsvoll gegenüber, so daß von einem

einheitlichen Ergebnis gar nicht die Rede sein kann. Das hat seine Ursache teils in den Widersprüchen der bisher bekanntgewordenen tatsächlichen Einzelbefunde, vor allem auf den einzelnen Inseln (Bäreninsel, König-Karl-Land), denen ihrer Lage zufolge eine besondere Schlüsselbedeutung zukommt, teils aber in einseitigen Ausgangsstellungen, die die einzelnen Bearbeiter bezogen haben. Wenn nunmehr der Gedanke der Vereisung des Schelfes erneut aufgegriffen wird, so geschieht es, um mit neuen Argumenten an das Problem heranzukommen, die sich bei den bisherigen Verfechtern der Schelfvereisung (DE GEER, NANSEN, RAMSAY) nicht ausgesprochen finden. Es gibt bei den diesbezüglichen Arbeiten der beiden letztgenannten Autoren überhaupt nur wenige Sätze, die sich diesem Spezialproblem widmen (bei NANSEN S. 232, bei RAMSAY S. 36; bei ANTEVS ist im wesentlichen referierend und die Vereisung ablehnend auf S. 676—678 und 685 davon die Rede). RAMSAY hat trotzdem jedoch darauf aufbauend eine Arealberechnung und Volumenschätzung mitgeteilt, die dann später ihrer besonderen Wichtigkeit wegen u. a. auch von A. PENCK (9), wenigstens was das Areal betrifft, übernommen worden ist.

In der genannten jüngst erschienenen Studie des Verfassers sind die möglichen Folgen einer Einbeziehung des Barentsschelfes in die eurasische Eiskappe in bezug auf die PENCKsche Volumenberechnung gestreift worden, zunächst allerdings in Unkenntnis der Tatsache, daß in der RAMSAYschen Ausgangsarbeit das Schelfareal ja bereits einbezogen war. Es war allerdings stillschweigend als Ausläufer der nordeuropäischen Eiskappe betrachtet worden. Insofern sind diese Erwägungen also zum Teil gegenstandslos, und damit entfällt also auch ein möglicher Einwand, der an sich hätte gemacht werden können, wenn RAMSAYS Zahlen den Schelf noch nicht berücksichtigt hätten. Freilich verbleibt trotzdem ein zusätzlich unterzubringender Eisrest, wenn man das Svalbardeis abweichend von RAMSAY als selbständiges Eiszentrum, das mit dem fennoskandischen in einer Naht zusammenstieß, gelten läßt. Da aber, wie in (1) bereits gesagt wurde, die Mächtigkeitswerte von PENCK ausdrücklich als unsicher bzw. variabel eingesetzt worden sind, bleibt damit immer eine Ausgleichsmöglichkeit bestehen, zusätzliche Eismengen durch ganz geringfügige Verminderung der bisher eingesetzten Mächtigkeitskonstanten unterzubringen, ohne daß damit neue glazialeustatische Auswirkungen eintreten. Es bleibt also in bezug auf die Höhe des eiszeitlichen Meeresspiegels ohne Belang, ob die Vereisung des Schelfes als Anhängsel der nordischen oder als selbständige Eiskappe aufzufassen wäre.

NANSEN hatte im wesentlichen die hohe Lage von Strandlinien auf Spitzbergen und Franz-Joseph-Land als Argument dafür herangezogen, daß in Analogie zu Nordeuropa, wo ja ebenfalls durch Eisentlastung hoch herausgehobene marine Uferlinien allgemein bekannt sind, auch in den arktischen Randbereichen eine entsprechende diluviale Eisbelastung existiert haben müßte. Diese onerarisostatische Verknüpfung steht und fällt natürlich mit der Berechtigung, die postglaziale und gegenwärtige Hebung als Eisentlastungshebung zu deuten. Die weitaus größte Zahl der Wissenschaftler, die sich mit diesen Fragen befaßt haben, erkennt diesen Zusammenhang an. Es sind aber auch Zweifler aufgetreten, wie z. B. R. SCHWINNER (10), der vor wenigen Jahren an der glazialisostatischen Natur der rezenten skandinavischen Hebung Zweifel äußerte. Wie dem auch sei, direkte morphologische Indizien aus dem Relief oder zufriedenstellende Erklärungen des notwendigen Schneeniederschlagshaushaltes in diesem Zipfel der vereisten Alten Welt wurden bis dahin nicht herangezogen.

Der Anlaß zu einer detaillierten Ausdeutung auch des Schelfreliefs ist eigentlich erst durch die gegenüber der NANSENschen Tiefenkarte wesentlich verfeinerte Tiefenkarte AHLMANNS geschaffen worden. Diese Karte ist außer in dem Expeditionsbericht von AHLMANN selbst (11) auch noch einmal von H. FREBOLD (12) wiedergegeben worden. Ferner findet sich eine handliche farbige Tiefenkarte im Gr. Sowjet-Weltatlas (s. Fig. 1). Diese Karte gestattet, unbeschadet der tektonischen Schlußfolgerungen, die AHLMANN aus der Gestaltung des ausgeloteten Reliefs zog, eine Reihe von Einzelzügen als typisch glaziale Ausbobelungen über einem subaerisch angelegten Ausgangsrelief von reifen Formen zu bezeichnen. Die südlich der Bäreninsel befindliche, zum Atlantischen Ozean gerichtete Barentsrinne sendet ein verästeltes Netz von Seitensenken in das Hinterland bis an den Saum bei Franz-Joseph-Land, bei Nowaja Semlja und an der europäischen Eismeerküste. In den meisten dieser Äste ist ebenfalls das Auftreten von Hohlformen glazialer Natur ins Auge fallend. Man kann daher allein aus der Morphographie durchaus den Schluß auf eine Vereisung ziehen. Das Eis, welches dieses heute etwa 400 m tief untergetauchte Relief überdeckt hatte, sammelte sich wahrscheinlich in einem kräftigen Eisstrom entlang der Barentsrinne, die damit im kleinen eine ähnliche Funktion übernahm wie die Ostsee im Rahmen der nordeuropäischen Vereisung im großen, nämlich die eines Leitweges.

Die Tatsache, daß das submarine Relief des Schelfes so ausgeprägte Formen aufweist, hatte bereits NANSEN veranlaßt, es im wesentlichen subaerischer Formung zuzuschreiben. Hierzu ist die Annahme einer entsprechend intensiven Heraushebung notwendig. Daß im jüngeren Tertiär eine kräftige Hebung in der ganzen Umrandung des Skandik eingetreten sein muß, die durchaus in der Größenordnung des von NANSEN angenommenen Betrages von 500 m lag, geht aus vielen morphologischen Indizien hervor. Jedoch fehlen strikte Beweise für eine genaue Altersfestlegung, ausgenommen vielleicht Spitzbergen. Gerade die

Nordwestecke des Barentsschelfes, Spitzbergen, ist im jüngeren Tertiär nachweislich sehr kräftig gehoben und eines beachtlichen Teiles seiner tertiären Sedimentdecke durch Abtragung wieder beraubt worden. Die beginnende Eiszeit fand daher einen Abtragungsrumpf vor, der stark herausgehoben war und einer Inlandvereisung, von den spitzbergischen Massiven ausgehend, ebenso Vorschub leisten mußte wie es bei dem anschließenden Nordeuropaeis der Fall war. Dieses spättertiäre Ausgangsstadium des Schelfes kann daher mit den Worten von H. FREBOLD (12) kurz wie folgt zusammengefaßt werden (S. 177): „Allgemeine Hebung des Barentsseeschelfes im Bereich der Bäreninsel bis etwa 500 m über jetzigem Niveau ... Im Anschluß an die Hebung des Barentsseeschelfes: Herausbildung der tiefen, jetzt submarinen Täler (oder Weiterentwicklung der tektonisch angelegten?) des Barentsseeschelfes. Starke Abtragung in Spitzbergen, vor allem auch der wahrscheinlich vorhanden gewesenen jüngeren Tertiärbildungen ..." Die Umformung durch das Eis konnte dann vornehmlich entlang der vorgezeichneten Talwege erfolgen, welche heute die charakteristischen Vertiefungen und Schwellen zeigen. Es ist unwahrscheinlich, daß diese Formen samt und sonders etwa nur durch Eis unter dem Niveau des Wassers entstanden sein sollten. Das präglaziale Relief zeichnete vielmehr die Lage des Barentseisstromes (s. Fig. 2) und seiner oberen Äste vor.

Dieser Eisstrom bezog seine Eismassen außer von dem östlichen Hinterlande, nämlich den Gebirgen Nowaja Semljas, auch aus Spitzbergen einerseits (dem vom Verfasser sog. Svalbardeis) sowie aus dem fennoskandischen Eisschild andererseits. Der Barentseisstrom stellte daher vielleicht eine Naht zwischen der Svalbardeiskappe und der eurasiatischen dar; vielleicht lag diese Naht aber auch näher an Nordeuropa. Die Hohlformen in dem Spitzbergen zunächstliegenden Teil des Schelfsockels müssen daher, soweit nicht tektonisch angelegt, wie z. B. die Schelfrandfurche des Questkanals am Nordrande des Spitzbergenschelfes, durch Eis ausgetiefte Löcher sein, auch wenn diese Löcher abseits von dem damaligen Meeresspiegel unter das Meeresniveau eingetieft waren.

Die Zeugnisse glazialer Bedeckung auf der Bäreninsel sind in Form frischer Kritzen in radialer Anordnung erhalten. Der Zeitpunkt dieser Eisbedeckung ist wahrscheinlich aber jünger; infolge ihrer Lage auf einer Abrasionsfläche rechnet man die gut erhaltenen Schrammen nur der letzten Eiszeit zu (Würm). Ein Einwand gegen eine früher größere Vereisung ist das natürlich nicht, und man muß sich fragen, warum die Bäreninsel in den vorausgegangenen Eiszeiten nicht auch vom Eis bedeckt gewesen sein soll. NANSENS Bedenken, daß hier keine hohen Ufermarken auf eine höhere postglaziale Heraushebung und entsprechend vorherige stärkere Eisbelastung hinwiesen, sind inzwischen durch neue Feststellungen entkräftet worden. Man hat nämlich eine weitgehende Übereinstimmung der quartären Bewegungen zwischen

Fig. 2. Das Gebiet des Europäischen Nordmeeres (Skandik) und des Barentsschelfes während der Maximalausdehnung der diluvialen Vereisung.
Der Konstruktion dieser Skizze liegen folgende Voraussetzungen zugrunde: Die Vereisung des Festlandes erfolgte zu einer Zeit, als dieses gegenüber heutigem Meeresspiegel um etwa 500 m höher lag. Dadurch war nicht nur in der Vertikalen, sondern auch in der Horizontalen ein beträchtlicher Landgewinn erzielt, denn der Barentsschelf lag trocken, ferner die Ostsee, Nordsee und der größte Teil der heute untermeerischen Schwelle, die Schottland über die Faröer mit Island und Ostgrönland verbindet. Die Vereisung ergriff auch alle diese durch die Regression trocken gefallenen Ländereien, am ausgedehntesten also den Barentsschelf, dessen Skulptur auf die Tätigkeit fest aufliegender Gletschermassen hinweist, die entlang einem zuvor entwickelten Festlandsrelief arbeiteten. Nur wenige oben punktierte Reste des Landgewinns blieben wahrscheinlich eisfrei.

Spitzbergen und der Bäreninsel festgestellt, deren Altersfixierung jedoch nicht eindeutig ist. Zur Zeit der letzten Vereisung war der flachere Nordwestteil der Bäreninsel noch mit Wasser bedeckt. Wenn er heute trotz der inzwischen eingetretenen Abschmelzung der Würmeismassen und dadurch bedingten eustatischen Meeresniveauhebung oberhalb des Wasserspiegels liegt, so ist damit eine postglaziale Heraushebung auch für die Bäreninsel sicher. Die älteren Glazialspuren auf dieser kleinen

Insel anzutreffen, ist nicht leicht, da der Moränenschutt naturgemäß außerhalb der Insel auf dem Schelf abgelagert sein muß und daher heute nicht zugänglich ist. Die seit der Maximalvereisung eingetretenen Schwankungen des Meeresspiegels, vor allem die wahrscheinlich interglazialen Hochstände des Meeresspiegels und sodann die späteren Vereisungsphasen, haben von älteren Vereisungsspuren kaum etwas übriggelassen bzw. diese harren noch ihrer Entdeckung. Jedenfalls sind wir vorläufig aus den lokalen Befunden nicht gezwungen, eine ausgedehntere Vereisung der Bäreninsel während der Maximaleiszeit abzulehnen. Dem würde schon vom klimatologischen Standpunkt aus die Lage zum Skandik widersprechen, wie später noch gezeigt wird.

Fig. 3. Schematischer Längsschnitt durch den Meer- und Luftraum vom Nordatlantik über das Europäische Nordmeer (Skandik) zum Polarbecken. Die Islandschwelle bedeutete nach der Heraushebung im ausgehenden Tertiär einen wirksamen Sperriegel für die nördlich anschließenden Meere, der Nordatlantische Strom mußte vor ihr ausweichen und umbiegen. Dagegen bedeckte sich der Skandik während der Eiszeit mit polarem Meereis, so daß sich die kalte Polarluftkappe damals bis zum Islandrücken entwickeln konnte, während sie heute im Durchschnitt nur bis Spitzbergen reicht. Die südlich Island heraufziehenden Depressionen wurden schon bei Island durch die zähe Bodenkaltluft abgehoben, d. h. okkludierten und zogen als Warmluftreste weit ins Polargebiet hinein, dieses mit Schneeniederschlägen versorgend.

Ähnliche Verhältnisse zeigt das König-Karl-Land im Südosten von Spitzbergen, das NATHORST eingehender untersucht hat. Auch hier ist der Nachweis glazialer Eisbedeckung durch gekritzte Basaltgeschiebe erbracht, ohne daß eine genaue Altersbestimmung möglich ist. Es gilt in bezug auf die Möglichkeit einer Vereisung zur Zeit der Maximalvereisung des ganzen Schelfes mutatis mutandis das gleiche wie für die Bäreninsel. Jüngere Expeditionen haben diese Inselgruppe nicht unter quartärgeologischem Gesichtspunkt aufgesucht. Die bisher (allerdings nur großzügig) bekannten Verhältnisse widersprechen auch hier einer Maximalvereisung nicht.

Die Tatsache, daß sich nach neueren russischen Untersuchungen (13) in den Moränen der Insel Kolgujew sowohl skandinavische wie auch uralische Geschiebe und solche von Nowaja Semlja, sowie unbekannter Herkunft (möglicherweise vom Boden des Schelfes!) finden, braucht nun natürlich zunächst nicht gleich zu bedeuten, daß dann auch die eigentliche große Schelffläche bis nach Spitzbergen hin eisbedeckt gewesen sein müsse. Daß dies jedoch wahrscheinlich ist, entnehmen wir Gedankengängen über die Natur der Versorgung dieser Eiskappen. Danach ist es nicht vorstellbar, daß, wenn jene entfernt vom Atlantik liegenden Teile Nordosteuropas noch ausreichend festen Niederschlag erhielten, dann die näher gelegenen arktischen Randschelfbereiche hätten schlechter dastehen sollen.

Näher ist dieser Eisversorgungsmechanismus in der angeführten Arbeit (1) beschrieben worden. Das Wesentliche beruht darin (s. Fig. 3), daß, wie heute im Polargebiet häufig einwandfrei belegt werden kann[1]), die Feuchtigkeit atlantischer Breiten aus der Zone des breit entwickelten nordatlantischen Stromes südlich Islands damals in Form okkludierter, abgehobener Fronten weit bis ins Gebiet des damaligen Polarklimas verfrachtet wurde. Sie gaben damals sicherlich genau wie heute Anlaß zu Schneeniederschlägen weitab von der ursprünglichen Verdunstungsbasis. So konnte ja schon SVERDRUP (14) nördlich von Nordostsibirien solche schneeliefernden Okklusionen in westöstlicher Zugrichtung nachweisen, deren Herkunft schließlich auf die Feuchtluftmassen zurückgeführt werden muß, die in niederen Breiten im Bereich des Nordatlantik entstehen und abgehoben werden. Die Zone des Abhebens befindet sich heute ungefähr an der Eisgrenze, schwankt im einzelnen stark nach Intensität und Jahreszeit, läßt jedoch für die Verfrachtung der einmal abgehobenen Warmluftschalen noch einen langen Weg übrig.

Wie war es nun zur Zeit der Maximalvereisung damit (s. Fig. 2)? Wir müssen aus anderen Gründen annehmen, daß die Zone des Abhebens zur Zeit des

[1]) So schreibt WIESE (15) u. a.: „Von besonderer Bedeutung für den nördlichen Seeweg sind dabei die Zyklonen, die vom Nordatlantik her über die arktischen Randmeere nach Osten ziehen." „Die aus dem Atlantik oft eindringenden Zyklonen bestimmen in einem beträchtlichen Maße die herbstlichen und winterlichen Witterungsverhältnisse in den westlichen Hälften des Seeweges, zum Teil auch in der Laptew-See. Der Einfluß dieser Zyklonen auf die klimatischen Verhältnisse besteht in erster Linie in einer Zunahme der Stürme und in der Zufuhr von großen Massen der verhältnismäßig warmen und feuchten atlantischen Luft nach den arktischen Randmeeren." „Die von den Zyklonen den arktischen Randmeeren zugeführte atlantische Luft gibt dort einen beträchtlichen Teil ihrer Feuchtigkeit ab." „Im westlichen Teil des Seeweges hängen die Niederschläge größtenteils mit Westwinden zusammen."

Eiszeitmaximums, oder richtiger zur Zeit extremster Heraushebung, im Bereich des Island-Faröer-Schottland-Rückens gelegen hat, weil es nach den morphologischen Indizien (untermeerisches Landrelief!) damals dem Nordatlantischen Strom nicht möglich gewesen sein kann, über den Wyville-Thomson-Rücken in das Becken des Skandik nennenswert einzudringen. Der Weg der bei den Faröern abgehobenen Fronten mit ihren feuchten Luftschalen, die über dem polaren Kaltluftkissen, d. h. über dem Eismeer des glazialen Skandik nordostwärts ziehen mußten, bis hin zum Barentsschelffestland ist aber viel kürzer als der, den die heute nachgewiesenen schneebringenden Störungen entlang der nordsibirischen Küste und über das eisbedeckte Nordpolarmeer hin einschlagen müssen. Es ist daher wahrscheinlich, daß die dem Skandik näher liegenden Teile des Schelfes, vor allem Spitzbergen selbst, auch zur Zeit der maximalen Eiszeit stärker mit Schnee versorgt waren als die entfernteren um die Karasee. Wenn aber das Gebiet um die Karasee vereist war, dann das eigentliche Barentsschelfgebiet erst recht. Dabei ist die Wirkung der eiszeitlichen Temperatursenkung noch gar nicht berücksichtigt, die noch einen zusätzlichen Begünstigungsfaktor auch für das Schelfgebiet schuf, indem der Umfang sommerlicher Ablation entsprechend gering war.

Meines Erachtens bieten somit diese beiden Argumente, das morphographische, aus der Reliefgestaltung erschlossene, und das klimatologische, aus den heutigen Polarwitterungsverhältnissen usw. erschlossene, eine genügende Grundlage, um die diluviale Vereisung des Barentsschelfes oberhalb des damaligen Meeresspiegels im Rahmen der sonstigen Eiszeitbedingungen als reell anzusehen.

Literatur.

(1) J. BLÜTHGEN, Tatsachen und Deutungen zur Geschichte des Skandik (= Europäischen Nordmeeres). Geol. Meere Binnengew. **5**, 83—117 (1941). — (2) G. DE GEER, Om östra Spetsbergens glaciation under istiden. Geol. För. Förh. **22**, 427—426 (Stockholm 1900). — (3) E. ANTEVS, Maps of the Pleistocene Glaciations. Bull. Geol. Soc. Amer. **40**, 631—720 (1929). — (4) F. NANSEN, The strandflat and isostasy. Videnskr. Selsk. Skr. I, Nr 11 (1921). Oslo 1922. 313 S. — (5) P. WOLDSTEDT, Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Diluviums. Stuttgart 1929. — (6) W. SÖRGEL, Das Eiszeitalter. Jena 1938. — (7) R. A. DALY, The changing world of the ice age. 2. Aufl. New Haven 1935. — (8) W. RAMSAY, Changes of sea-level resulting from the increase and decrease of glaciations. Fennia **52**, 5 (1930). — (9) A. PENCK, Eustatische Bewegungen des Meeresspiegels während der Eiszeit. Geogr. Z. **1933**, 329—339. — (10) R. SCHWINNER, Das Problem der Isostasie. Geol. Rdsch. **1938**, 1—26. — (11) H. W. AHLMANN, Scientific results of the Swedish-Norwegian Arctic Expedition in the Summer 1931. Bd. V. Geogr. Ann. **15**, 89—116 (Stockholm 1933). — (12) H. FREBOLD, Geologie von Spitzbergen, der Bäreninsel, des König Karl- und Franz-Joseph-Landes. 195 S. Berlin 1935. — (13) G. L. RUDOVIZ, On the new geological structure of the island Kolguev. Bull. Soc. Nat. Moscou Sect. Géol. **17** (6), 81—84 (1939) [Russ.]. — (14) H. U. SVERDRUP, The North-Polar cover of cold air. Monthly Weather Rev. **1925**, 471—475; B. M. VARNEY, Meteorological conditions in the Eurasian sector of the Arctic.. Monthly Weather Rev. **1925**, 475—479. — (15) W. J. WIESE, Klima der Meere der Sowjet-Arktis. Leningrad u. Moskau (1940). [Russisch.]

Über das periodische System der Elemente.

Von FRIEDRICH KIPP, Berlin-Adlershof.

Das periodische System der Elemente geht in seinen Anfängen auf J. W. DÖBEREINER zurück. Sein „Versuch der Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie" erschien 1829 in POGGENDORFS Annalen der Physik und Chemie. Erst um Jahrzehnte später wurde die natürliche Gruppierung der chemischen Elemente weiter verfolgt, bis sie dann im periodischen System von L. MEYER und MENDELEJEFF (1869) im großen ganzen ihre heute gültige Form erhielt. In ihm sind die chemischen Elemente so geordnet, daß sie in der Reihenfolge der Atomgewichte (bzw. Ordnungszahlen) aufeinander folgen, zugleich aber in vertikalen Gruppen oder Familien mit analogen Eigenschaften zusammenstehen.

In der Tabellenform, in der heute das periodische System dargestellt wird (s. Tabelle 1), kommt die Periodizität der Eigenschaften mit steigendem Atomgewicht gut zur Darstellung, andererseits enthält sie aber eine Reihe von Mängeln, an die man sich zwar leicht gewöhnen kann, die aber doch zeigen, daß eine allgemeingültige Anordnung der chemischen Elemente noch nicht erreicht ist. Hier sei nur auf die wesentlichsten Punkte hingewiesen.

Die Elemente bilden, ihrem Atomgewicht entsprechend, eine fortlaufende Reihe, daher sind die tiefen Einschnitte, die durch die lineare (tabellenförmige) Darstellung der Perioden entstehen und die je nach Auffassung vor oder nach den Edelgasen zu liegen kommen, unberechtigt. Daher wurde schon früh geltend gemacht, daß nur eine Anordnung in einer fortlaufenden Spirale den tatsächlichen Verhältnissen einigermaßen gerecht werden kann. Eine solche wurde erstmals von dem französischen Geologen BÉGUYER DE CHANCOURTOIS (1862/63) versucht, der von einer „Tellurischen Helix" sprach. Durch die damals noch unbekannten Edelgase u. a. waren noch mancherlei Unvollkommenheiten bedingt, die in diesem Zusammenhang aber nur unwesentlich sind. Neuerdings wurde z. B. von K. L. WOLF (1941)[1]) wieder eine Anordnung in übereinanderliegenden Spiralen ge-

[1]) K. L. WOLF, Theoretische Chemie, Tl. 1. Leipzig 1941.

geben. Wenn dadurch auch manche Verhältnisse natürlicher zum Ausdruck kommen, so besteht doch sowohl in der spiraligen als auch in der tabellenförmigen Anordnung eine Hauptschwierigkeit in der Einordnung der Schwermetalle.

Gewöhnlich werden die Schwermetalle als sog. Nebengruppen in die Hauptgruppen des periodischen Systems eingeschoben (vgl. Tabelle 1). Diese Einfügung gründet sich fast ausschließlich auf entsprechende Wertigkeitsverhältnisse gegenüber dem Sauerstoff oder den Halogenen, sowie auf einige wenige Analogien im chemischen Verhalten. Trotz solcher Beziehungen sind aber andere Eigenschaften denkbar verschieden. So unterscheiden sich die Dichten in den Haupt- und Nebengruppen oft ganz außerordentlich (z. B. Gold mit spez. Gew. 19,3 steht bei Cäsium mit spez. Gew. 1,9). Auch in den chemischen Eigenschaften bestehen grundsätzliche Unterschiede. Die Edelmetalle der Gruppe Cu, Ag, Au sind mit den unbeständigsten Leichtmetallen zusammengestellt. Die Mangangruppe steht bei den Halogenen, wobei außer den Wertigkeitsverhältnissen kaum irgendeine chemische Beziehung zu finden ist usw. Die Gruppe der Eisen- und Platinmetalle wird bei den Edelgasen untergebracht, zu welchen sie in physikalischer und chemischer Hinsicht in denkbar größtem Gegensatz steht.

Werden die Schwermetalle dagegen als zusammenhängende Gruppen in das System eingefügt (vgl. ANTROPOFF u. a.), so bleibt zwar ihre Sonderstellung erhalten, dagegen müssen die Beziehungen der Gruppen zueinander dann in ziemlich notdürftiger Weise, z. B. durch Verbindungsstriche, angedeutet werden.

Das gebräuchliche System mag also zwar für manche Zwecke gut brauchbar sein, ist aber durch nicht unerhebliche Notlösungen belastet. Jedoch auch die einfache spiralige Darstellung befriedigt bisher noch nicht; trotzdem wird sich an sie die Weiterführung des Problems anknüpfen müssen. Es besteht die Frage, ob nicht eine Darstellung des periodischen Systems möglich ist, welche die angedeuteten Mängel vermeidet, und ohne nach irgendeiner Richtung Zwang anzutun, die Beziehungen zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente im periodischen System einfach *durch die Art der Anordnung* in möglichst natürlicher Weise zum Ausdruck bringt. Die während der letzten Jahrzehnte so vermehrten Kenntnisse über den Atombau ließen diese Frage vielleicht etwas in den Hintergrund treten. Es mag jedoch bedacht werden, daß die neuere Entwicklung der Atomtheorie in vieler Beziehung erst auf Grund der durch das periodische System gegebenen Anregungen möglich war und nicht umgekehrt. Die Fortschritte auf atomphysikalischem Gebiet dürfen uns nicht darüber hinwegtäuschen, daß eine adäquate Anordnung der chemischen Elemente nach wie vor ein wissenschaftliches Problem bildet. In unserer Fragestellung liegt es inbegriffen, daß es sich bei dieser Aufgabe weniger um atomtheoretische Überlegungen handeln wird, als um eine phänomenologische Bearbeitung der periodischen Eigenschaften der Elemente und ihrer gegenseitigen Beziehungen.

Berechtigung einer lemniskatischen Gruppierung.

Die Schwermetalle nehmen durch ihre physikalischen und chemischen Besonderheiten eine Sonderstellung ein, die nur durch eine klare Herausgliederung aus den Hauptgruppen und eine Zusammenfassung in eigenen Zyklen sinnvoll zum Ausdruck gebracht werden kann.

In dem in Fig. 1 dargestellten System ist diese Herausgliederung der Schwermetalle vollzogen, ohne daß dadurch der Zusammenhang der Perioden gestört würde. Das β-förmige Überschneiden der Perioden in der Kohlenstoffgruppe ergibt sich mit Notwendigkeit aus einer konsequenten Verfolgung der chemischen Eigenschaften.

Gehen wir zunächst von den Edelgasen aus. Sie bilden jeweils den Abschluß und Übergang von einer Periode in die folgende; durch ihre Reaktionsträgheit nehmen sie eine mittlere Stellung zwischen den sich an sie anschließenden Gruppen ein. Dies sind auf der einen Seite die positive Ionen bildenden Leichtmetalle, die Laugenbildner, auf der anderen Seite die elektronegativen Säurebildner (Metalloide). Der Gegensatz im chemischen und elektrochemischen Verhalten ist zwischen den an die Edelgase unmittelbar angrenzenden Gruppen, den Alkalimetallen und Halogenen, am stärksten. Bei den folgenden Gruppen wird er beiderseits

Tabelle 1.

	I a	I b	II a	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b
Vorperiode							H									He
1. Periode	Li		Be		B		C		N		O		F			Ne
2. Periode	Na		Mg		Al		Si		P		S		Cl			Ar
3. Periode	K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe Co Ni	
		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr
4. Periode	Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Ma		Ru Rh Pd	
		Ag		Cd		In		Sn		Sb		Te		I		X
5. Periode	Cs		Ba		La*		Hf		Ta		W		Re		Os Ir Pt	
		Au		Hg		Tl		Pb		Bi		Po		—		Em
6. Periode	—		Ra		Ac		Th		Pa		U					

* La = Lanthaniden: La, Ce, Pr, Nd, —, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Cp.

schwächer und begegnet sich schließlich in der überwiegend amphoteren Kohlenstoffgruppe, die

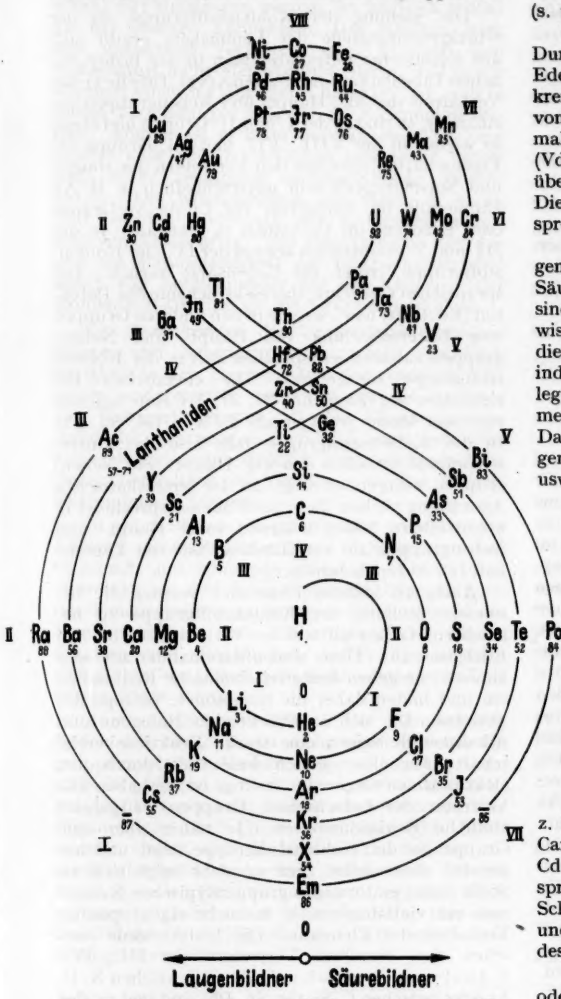

Fig. 1. Anordnung des periodischen Systems der Elemente in lemniskatenähnlichen Spiralen. Die Reihenfolge der Elemente ist durch ihre Ordnungszahlen gegeben. Die dem System umschriebenen römischen Ziffern geben die charakteristischen Wertigkeiten der jeweiligen Gruppen gegen Sauerstoff und die Halogene an und bezeichnen zugleich auch die Gruppen. Die der unteren Spirale eingeschriebenen römischen Ziffern geben die Wertigkeit gegenüber Wasserstoff an. Weiteres siehe im Text.

wiederum eine mittlere Stellung, wenn auch in anderem Sinne als die Edelgase, einnimmt. Es ist daher durchaus naturgemäß, wenn in dieser Anordnung die Kohlenstoffgruppe der Gruppe der Edelgase gegenübergestellt ist; auch andere Tatsachen berechtigen zu dieser Gegenüberstellung (s. unten).

Die beiden ersten Perioden führen nach dem Durchlaufen der Kohlenstoffgruppe wieder zum Edelgas zurück, bilden also nur einfache, d. h. kreisförmige Spiralen. In der dritten Periode, die vom Argon über K, Ca, Sc zum Ti führt, ist erstmals eine Reihe von Schwermetallen eingeschaltet (Vd, Cr, Mn, Fe-Ni-Co, Cu, Zn, Ga), ehe die Reihe über das Ge, As, Se, Br zum Krypton zurückkehrt. Die weiteren Perioden verlaufen jeweils entsprechend.

Die auf die amphotere Kohlenstoffgruppe folgenden Schwermetalle sind zunächst vorwiegend Säurebildner (vgl. Säuren von Cr, Mo, Mn usw.), sind also darin den Metalloiden bis zu einem gewissen Grade analog. In unserer Anordnung kann diese Analogie zum Ausdruck gebracht werden, indem sie auf dieselbe Seite wie die Metalloide gelegt werden. Die Eisen-Platin-Gruppe ist wieder mehr amphoter und hat daher eine Mittelstellung. Dann folgen diejenigen Schwermetalle, die vorwiegend Laugen bilden (Hydroxyde von Cu, Ag, Hg, Zn usw.) und daher den Leichtmetallen entsprechen.

Auf Grund der Wertigkeit gegenüber Sauerstoff und Halogenen ergeben sich ähnliche Beziehungen. Die Elemente mit den niederen Wertigkeitsstufen (I- bis III-wertig) kommen im unteren wie im oberen Teil des Systems auf die linke Seite zu liegen (vgl. römische Ziffern außerhalb der Kurvenzüge in Fig. 1), diejenigen mit den höheren Wertigkeiten (V—VII) auf die rechte Seite. Dabei bestehen genaue Symmetrieverhältnisse zwischen oberen und unteren Schleifen, wie aber auch in jeder der beiden Schleifen alle Wertigkeitsstufen, jedoch im entgegengesetzten Sinne, durchlaufen werden.

Auch aus anderen chemischen Eigenschaften, z. B. dem salzartigen Charakter der Nitride und Carbide in den Gruppen Cu—Ag—Au und Zn—Cd—Hg, der demjenigen der Leichtmetalle entspricht, geht hervor, daß die Beziehungen der Schwermetalle zu den Gruppen der Leichtmetalle und Metalloide durch das 8-förmige Überkreuzen des Periodenverlaufes zu verbildlichen sind.

Die Wertigkeitsverhältnisse, die Neigung, Säuren oder Laugen zu bilden usw., bedingten ja, daß im bisher üblichen System die Schwermetalle in die anderen Gruppen eingeschoben wurden. Die lemniskatenähnliche Anordnung bringt diese analogen Verhältnisse zur Anschauung, ohne daß der grundsätzliche Unterschied zwischen den Schwermetallen und den übrigen Elementen und damit überhaupt der charakteristische Verlauf der Perioden verwischt wird. Der Schnittpunkt liegt in der in vieler Hinsicht einen Wendepunkt bedeutenden Kohlenstoffgruppe (s. unten).

Wie es sonst üblich ist, eine Kreisform oder ein Dreieck zur Veranschaulichung irgendwelcher Verhältnisse zu wählen, so können die Beziehungen

der Elemente im periodischen System naturgemäß durch die Lemniskatenform dargestellt werden. (Die Lemniskate ist mathematisch ein Spezialfall der CASSINIschen Kurven.)

Diese Lemniskaten sind eigentlich in Stockwerken übereinanderliegend und dabei spiralig miteinander verbunden vorzustellen. Wenn wir dieses System aufeinanderfolgender Lemniskaten auf einer Ebene zur Darstellung bringen, so müssen notwendig verschiedene Größen für die einzelnen Schleifen gewählt werden. Im unteren Teil folgen die Schleifen von innen nach außen aufeinander, im oberen dagegen von außen nach innen. Diese Umkehrung ergibt sich aus dem Kurvenverlauf, der beim Übergang der einen in die andere Schleife eine Umkehrung des „Außen" und „Innen" fordert. Die Ineinanderschachtelung mehrerer Lemniskaten ist an sich geometrisch nicht statthaft, stellt also nur eine Notlösung dar. Daher wurde auch von einer genauen Konstruktion der Kurven abgesehen. Die Darstellung ist daher nur lemniskatenähnlich.

Die Stellung des Wasserstoffes.

Der Wasserstoff ist nicht nur das erste und leichteste Element des periodischen Systems. Er nimmt auch in seinem chemischen Verhalten eine besondere Stellung ein. In ihm sind bereits die hauptsächlichen Richtungen, in denen sich im weiteren die Elemente differenzieren, vorweggenommen. In seinen gasförmigen Verbindungen mit den Metalloiden trägt der Wasserstoff einen elektropositiven Charakter. In den salzartigen Verbindungen mit den Alkali- und Erdalkalimetallen (NaH, CaH_2) tritt er dagegen als elektronegativer Bestandteil auf und gleicht darin den Halogenen. Außer diesen beiden durch die Elektroaffinität bedingten Bindungsarten geht er überdies legierungsartige Verbindungen mit den Metallen, vor allem der Eisen-Platin-Gruppe, ein. Er vereinigt in seinem chemischen Verhalten also die wesentlichsten Reaktionsformen der Elemente gewissermaßen noch keimhaft in sich und kann in diesem Sinne als das Urelement angesprochen werden. In der Form des Protons gilt er als ein Baustein der übrigen Elemente. Der Wasserstoff kann also nicht willkürlich der einen oder anderen Gruppe zugeordnet werden, sondern es kommt ihm eine zentrale Stellung im periodischen System zu.

Die charakteristischen Wertigkeiten der Leichtmetalle und Metalloide gegenüber dem Wasserstoff sind jeweils bei den entsprechenden Gruppen angegeben (römische Ziffern im unteren Schleifenteil, innen).

Die Stellung der Kohlenstoffgruppe.

Die Elemente der Kohlenstoffgruppe nehmen zunächst einfach durch die Wertigkeitsverhältnisse eine zentrale Stellung im Verlauf der Perioden ein. Die Wertigkeit gegen Wasserstoff nimmt von den Edelgasen stufenweise bis zur Kohlenstoffgruppe (IV-wertig) zu, um dann wieder ebenso abzunehmen. Dem Sauerstoff gegenüber ist diese Gruppe gleichfalls IV-wertig, was das Mittel zwischen der Wertigkeit 0 der Edelgase und der Wertigkeit VIII bei einigen Vertretern der Platingruppe darstellt.

Die Stellung der Kohlenstoffgruppe an der Überkreuzungsstelle der Lemniskate ergibt sich aus folgendem: Betrachtet man in der bisher üblichen Tabellenform des Systems (vgl. Tabelle 1) das Verhältnis der sog. Haupt- und Nebengruppen zueinander, so sind in der I. und II. Gruppe und ebenso wieder in der VIII., VII. und VI. Gruppe die Eigenschaften zwischen den Vertretern der Haupt- und Nebengruppen sehr unterschiedlich (z. B. Alkalimetalle im Verhältnis zur Cu-Ag-Au-Gruppe oder Halogene im Verhältnis zu Mangan). In der III. und V., namentlich aber in der IV., der Kohlenstoffgruppe, treten die Gegensätze zurück. Die spezifischen Gewichte, das elektrochemische Potential (Edelkeit) usw., welche in den anderen Gruppen eine Unterscheidung von Haupt- und Nebengruppen zulassen, entsprechen sich in der Kohlenstoffgruppe weitgehend. Die chemischen Beziehungen der Elemente Ti, Zr, Hf zum Silicium sind hier kaum geringer als die von Ge, Sn, Pb. In der Kohlenstoffgruppe fällt also das Unterscheidende zwischen den sog. Haupt- und Nebengruppen weitgehend weg. In der lemniskatischen Anordnung rücken diese auch dementsprechend in unmittelbare Nähe, während sonst Haupt- und Nebengruppen auf verschiedene Äste der Lemniskate zu liegen kommen.

Auch ein anderes Phänomen vermag die besondere Stellung der Kohlenstoffgruppe zu beleuchten. Gehen wir von den Verhältnissen bei den Edelgasen aus. Diese sind untereinander alle sehr ähnlich; sie gehen keinerlei chemische Reaktionen ein und bilden daher die monotonste Gruppe des Systems. Die sich anschließenden Halogene und Alkalimetalle zeigen eine starke Reaktionsbereitschaft. Da diese jedoch wesentlich durch den elektroaffinen Gegensatz bedingt ist, so haben alle Vertreter der betreffenden Gruppen weitgehend ähnliche Reaktionsweisen. Je näher aber eine Gruppe bei der Kohlenstoffgruppe liegt, und am meisten diese selbst, um so mehr zeigt sich an Stelle dieses einförmigen gruppentypischen Reagierens ein vielfältigeres, d. h. mehr eigentypisches Verhalten der Elemente. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Vertretern der III., IV., V. Gruppe (z. B. zwischen B, Al, Sc, zwischen N, P, As oder zwischen C, Si, Ge, Sn, Pb) sind viel größer als zwischen den einzelnen Edelgasen, den einzelnen Alkalimetallen, Erdalkalien, Halogenen. K. L. WOLF hat in seiner „Theoretischen Chemie" (1941) vor kurzem auch auf diese Verhältnisse hingewiesen.

Die Kohlenstoffgruppe zeigt die stärkste Mannigfaltigkeit. Außerdem hat hier jedes Element eine beachtliche Vielseitigkeit in seinen Eigenschaften, am meisten der Kohlenstoff selbst. Der Kohlenstoff liegt in sehr verschiedenen Modifikationen vor, als amorpher Kohlenstoff, als Graphit (von mehr metallähnlichem Charakter) und als Diamant (typisch nichtmetallisch). Die

Mannigfaltigkeit seiner Verbindungen, besonders wenn die organischen (zyklischen und aliphatischen) mit einbezogen werden, ist ungleich größer als bei anderen Elementen. Das Silicium zeigt sein vielseitiges Verhalten, wenn es auch dem Kohlenstoff nicht gleichkommt, darin, daß es als Element einen metallischen Charakter hat, sich in seinen Verbindungen aber wie ein Nichtmetall verhält. Ähnlich ist es beim Germanium. Das Zinn besitzt außer der metallischen eine schon unterhalb + 18° beständige nichtmetallische Modifikation. Die Kristallformen, die Härte u. a. m. sind bei den Elementen der Kohlenstoffgruppe sehr verschiedenartig. Das eigentypische Gepräge und die Mannigfaltigkeit der Eigenschaften sind somit viel bezeichnender für die Elemente der Kohlenstoff-Gruppe als die Gruppenmerkmale.

Das Zurücktreten der Unterschiede zwischen Haupt- und Nebengruppen einerseits, die Vielseitigkeit in den Eigenschaften der einzelnen Elemente andererseits, werden durch die Stellung der Kohlenstoffgruppe an der Überkreuzungsstelle der Lemniskate zum Ausdruck gebracht. Zugleich ergibt sich dadurch auch wiederum eine Gegenüberstellung im Verhältnis zu den äußerst einförmigen Edelgasen.

In jeder Periode finden wir nun zu seiten der Edelgase zunächst den größten elektrochemischen Gegensatz und dementsprechend die Polarität von Säurebildnern und Laugenbildnern, dagegen nach der Kohlenstoffgruppe hin eine Steigerung in der Mannigfaltigkeit und Vielseitigkeit der Eigenschaften und Reaktionen, wobei der elektrochemische Gegensatz einem mehr amphoteren Verhalten Platz macht.

Auch im Schwermetallteil der Lemniskaten findet sich zunächst ein mehr eigentypisches als gruppentypisches Verhalten der Elemente, wenn auch in geringerem Maße als in der Kohlenstoffgruppe. Dagegen tritt in dem edlen Verhalten der Platinmetalle und ihrer Nachbarn (die Edelmetalle stellen sich in unserer Darstellung zusammenhängend dar) dann wieder ein bis zu einem gewissen Grad einheitlicher Zug auf. Doch verbirgt sich hinter dem edlen Verhalten hier eine beachtliche Vielseitigkeit der Affinitäts- und Wertigkeitsverhältnisse.

Die Stellung der Eisen-Platin-Gruppe.

Auch die Eisen- und Platinmetalle nehmen eine Sonderstellung ein. Die höchste mögliche Wertigkeit gegen Sauerstoff und Halogene findet sich bei ihnen (Wertigkeit VIII z. B. in OsO_4, RuO_4, OsF_8, RuF_8). Ebenso werden hier in jeder Periode die höchsten Dichten erreicht. Die Dichteverhältnisse kommen in der lemniskatischen Anordnung überhaupt gut zum Ausdruck. In den ersten beiden Kurzperioden nimmt die Dichte bis zur Kohlenstoffgruppe zu, um dann wieder abzufallen bis zum Edelgas (geringste Dichte). In den Langperioden geht das Ansteigen dagegen jeweils bis zur Eisen-Platin-Gruppe. Die absoluten Höchstwerte werden von Os, Ir, Pt mit den spezifischen Gewichten 22,5, 22,4 und 21,4 erreicht.

Auch die magnetischen Eigenschaften (Fe, Ni, Co) sowie die hier besonders hervortretenden katalytischen Wirkungen (Ni, Fe, Pd, Pt usw.) bekräftigen die Sonderstellung der VIII. Gruppe. Die extremen Unterschiede bzw. Gegensätze zwischen der Platingruppe und den Edelgasen können wiederum in der lemniskatenartigen Anordnung, die nicht, wie etwa die Spirale, nur gleichwertige Punkte enthält, schon allein durch die Lagebeziehungen zum Ausdruck gebracht werden.

Die Edelgase, die Eisen-Platin-Metalle, wie auch die Kohlenstoffgruppe haben eine ihrer Besonderheit entsprechende Stellung an den drei markanten Punkten der Lemniskate. Diese Tatsache, zusammen mit der im Verlauf der Perioden mehrfach wechselnden Neigung der dazwischenliegenden Gruppen, entweder vorwiegend Säuren oder vorwiegend Laugen zu bilden bzw. sich amphoter zu verhalten, ist ein wichtiges Argument dafür, daß durch die lemniskatische Anordnung der Elemente eine adäquate Darstellung der periodischen Eigenschaften der Elemente weitgehend erreicht ist.

Da ein Zusammenstellen von Nichtzusammengehörigem vermieden ist, kommen der regelmäßige Verlauf der Perioden sowie die im System enthaltenen Gegensätze erst rein und übersichtlich zum Ausdruck.[1])

[1]) Herrn Dipl.-Ing. A. Blickle, Stuttgart, bin ich für einige wertvolle Hinweise zu Dank verpflichtet.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Durch Colchicinbehandlung ausgelöste Polyploidie bei der Grünalge *Oedogonium*.

Die Anwendung der Colchicinmethode zur Erzeugung polyploider Rassen war bis vor kurzem fast ausschließlich auf die höheren Pflanzen beschränkt geblieben. Ihr Fehlschlagen bei Protisten legte man vielfach dahin aus, daß Spindelbau und Teilungsphysiologie der „niederen" mit denen der „höheren" Organismen nicht übereinstimmen. Allein Bauch[1]) und Levan und Levring[2]) fanden neuerdings, daß auch bei Protisten mit Hilfe verschiedener Substanzen, darunter auch Colchicin, Polyploidie erzielt werden kann. Einerseits erschien jedoch bei diesen Versuchen das Colchicin am wenigsten wirksam, andererseits konnten die cytologischen Verhältnisse teils gar nicht [bei Hefe[1])] teils nur bis zur ersten C-Mitose verfolgt werden [bei zwei Chlorophyceen und zwei Phaeophyceen[2])], wobei es unsicher war, ob überhaupt noch weitere Teilungen erfolgen können. Es blieb somit die Frage noch immer offen, ob bei Protisten mit Hilfe von Colchicin ähnliche oder gleiche Wirkungen wie bei Blütenpflanzen hervorgerufen werden können.

Untersuchungen an sieben *Oedogonium*-Arten, die im einzelnen noch nicht abgeschlossen sind, gestatten nunmehr eine sichere Stellungnahme. Die Arten wurden mit 0,01, 0,1 und 1% Colchicinlösungen behandelt und die Einwirkungsdauer von vier Stunden bis zu fünf Tagen variiert.

In allen Fällen erwies sich die Konzentration von 1 % am günstigsten; eine Einwirkungsdauer von 5—8 Stunden dürfte im allgemeinen ausreichend sein. ***Wichtig für den Erfolg ist die Zahl der Teilungsstadien zu Beginn der Behandlung***; wenn diese nicht sehr hoch liegt, ist die Ausbeute an polyploiden Zellen so gering, daß sie leicht übersehen werden. Zu neuen Mitosen kommt es in der Colchicinlösung offenbar nicht mehr; Prophasen werden höchstwahrscheinlich rückgebildet und aus den Telophasen entsteht häufig ein normaler und

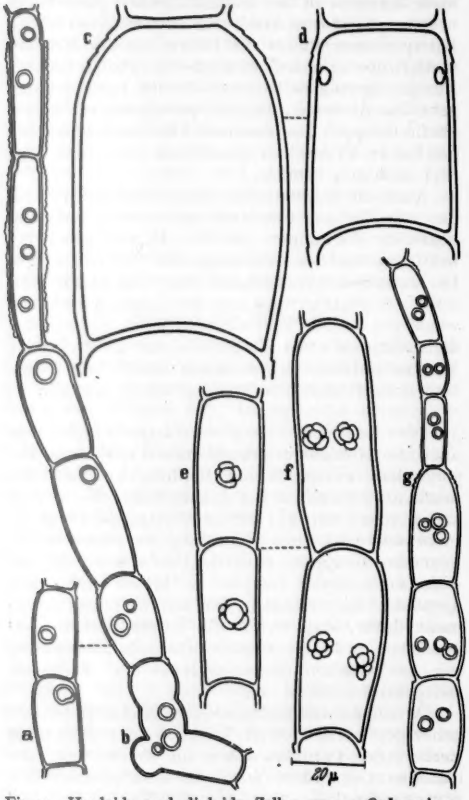

Fig. 1. Haploide und diploide Zellen von 4 *Oedogonium*-Arten. Die durch die unterbrochenen Linien verbundenen Figuren stellen Zellen der gleichen Arten von verschiedener Polyploidiestufe dar. Vom Zellinhalt sind nur die Pyrenoide dargestellt. Näheres im Text.

ein pyknotischer Kern, so daß man verhältnismäßig oft Zellen findet, bei denen sich der für die Gattung *Oedogonium* charakteristische Ring zwar gestreckt hat, die Querwandbildung jedoch unterblieben ist und nur ein einziger anscheinend normaler Kern vorhanden ist (Fig. 1 b, erste Zelle von oben). Mehrere derartige vergebliche Anläufe zu Teilungen führen offenbar zu den Mißbildungen, wie sie in Fig. 1 b die unterste Zelle zeigt. Polyploide, d. h. in diesem Falle diploide Kerne, entstehen höchstwahrscheinlich nur dann, wenn die Colchicinbehandlung eben während der Metaphase einsetzt.

Sowohl die vermutlich diploiden Kerne als auch die zugehörigen Zellen zeichnen sich durch ihr entsprechend hohes, gegenüber dem Normalzustand ungefähr doppelt so großes Volumen aus (vgl. die kurz nach der Teilung stehenden haploiden Zellen von Fig. 1 a mit den ungefähr gleichalten drei diploiden Zellen in der Fadenmitte von Fig. 1 b, Fig. 1 c mit d, e mit f und bei g die 3 unteren mit den 3 oberen Zellen). Es kann somit kein Zweifel darüber bestehen, daß C-Mitosen erfolgt sind. Nach Übertragen der Algenwatten in Nährlösung laufen weiterhin offenbar völlig normale Mitosen ab, wobei kein Unterschied in der Wachstumsgeschwindigkeit haploider und diploider Zellen zu bemerken ist. So konnten beispielsweise bei einer Art 20 Tage nach der Behandlung mit Colchicin 196 aufeinanderfolgende, also durch Teilung auseinander entstandene, polyploide Zellen gezählt werden. Aus äußeren Gründen (wie z. B. geringe Größe der Chromosomen) konnten bisher noch keine genauen Chromosomenzählungen an den Polyploiden vorgenommen werden. Die Verdopplung des Chromosomensatzes läßt sich jedoch bei einer Art schon aus dem Aussehen des Ruhekernes erschließen. Dieser besitzt nämlich haploid ein langgestrecktes, einem bestimmten Chromosom entsprechendes Chromozentrum, in den diploiden Zellen dagegen *zwei* derartige Chromozentren[3]).

Die sieben verschiedenen Arten zeigten im übrigen in ihrem Verhalten bestimmte spezifische Unterschiede. Bei 5 Arten entsprach das Längen—Breiten-Verhältnis der diploiden Zellen dem der haploiden. Bei zwei anderen dagegen besaßen die diploiden Zellen eine im optischen Längsschnitt ungefähr quadratische Form, während die haploiden ungefähr doppelt so lang als breit waren. Ein ähnlicher Formwechsel infolge wechselnder Wachstumsbedingungen, jedoch bei annähernd gleichbleibendem Volumen, ist für manche Arten charakteristisch, bildet jedoch bei den betreffenden colchicinierten Arten eine Ausnahme. Als Folge dieser abnormen Gestalt erfolgte bei einer Art auch eine Drehung des Inhaltes, so daß die Chromatophorenbänder nicht wie gewöhnlich parallel, sondern schräg zur Fadenachse lagen. Außerdem war die Zahl der Pyrenoide in fast allen Fällen in den diploiden Zellen höher als in den haploiden und häufig zeigten sich auch entsprechende Volumsunterschiede (Fig. 1 b, g). Ebenso ließen sich Unterschiede in der Membrandicke feststellen. Es ergeben sich somit die verschiedensten cytologischen Probleme.

Die bisherigen Mißerfolge bei den Versuchen, mit Colchicin Polyploidie bei Protisten zu erzielen, dürften zum Großteil darauf zurückzuführen sein, daß das Ausgangsmaterial nicht genügend Teilungsstadien aufwies und daß vielleicht auch nicht die richtige Konzentration und Einwirkungsdauer gewählt wurde. Jedenfalls zeigt sich bei *Oedogonium* die gleiche Wirkung wie bei den höheren Pflanzen.

Wien, Botanisches Institut der Universität, den 12. August 1942. ELISABETH TSCHERMAK.

[1]) R. BAUCH, Naturwiss. 29, 503 (1941). — Naturwiss. 29, 687 (1941). — Wochenschr. f. Brauerei, 1/2 (1942).

[2]) A. LEVAN und T. LEVRING, Hereditas 28, 400 (1942).

[3]) Inzwischen konnten bei der betreffenden Art Chromosomenzählungen durchgeführt werden, die eindeutig eine Verdoppelung des Chromosomensatzes ergaben. Außerdem wurden bei zwei anderen Arten bereits typische C-Mitosen verfolgt. (Zusatz bei der Korrektur.)

Über die Oxydation von kolloidalen Cholesterinlösungen mit molekularem Sauerstoff.

Bei der Oxydation kolloidaler Cholesterinlösungen mit Sauerstoff wird ein Gemisch von 7-Oxo-, 7 (α)- und 7 (β)-Cholesterin gebildet[1]). BERGSTRÖM und WINTERSTEINER[2]) haben die Reaktion unter verschiedenen Verhältnissen auch quantitativ verfolgt. Es werden z. B. 60—70 % des suspendierten Cholesterins in 2 Stunden bei 85° oxydiert, während bei 37° in 24—48 Stunden ein noch größerer Teil zu einem Gemisch obengenannter Produkte umgewandelt wird, von welchen der α, β-ungesättigte Keton die Hauptmenge ausmacht. Im allgemeinen scheinen $\Delta^{5:6}$-Sterine in kolloidaler Wasserlösung in dieser Weise oxydiert zu werden, z. B. Stigmasterin und $\Delta^{5:6}$-3 (β)-Oxycholansäureester. Diese Reaktion wird durch kleine Mengen von Cyanid vollständig gehemmt.

Bei dieser Autoxydation wird vermutlich zuerst eine Peroxydgruppe an dem von der Doppelbindung aktivierten Kohlenstoffatom 7 gebildet. Der Peroxyd zerfällt dann zu einem Gemisch von α, β-ungesättigtem, sekundärem Alkohol und vom entsprechenden Keton.

Ähnliche Reaktionen sind in mehreren Fällen studiert worden[3]). Ungesättigte Kohlenwasserstoffe bilden unter dem Einfluß des ultravioletten Lichts aerob Peroxyde, die in einigen Fällen zwar isoliert worden sind, aber gewöhnlich leicht zu einem Gemisch des entsprechenden Alkohols und Ketons zerfallen. WINDAUS, BURSIAN und RIEMANN[4]) haben gezeigt, daß 7-Oxo- und 7(α)-Oxy-cholesterin bei der ultravioletten Bestrahlung des Cholesterins an der Luft gebildet werden.

Wie der Verfasser jetzt findet, verläuft aber die Autoxydation kolloidaler Wasserlösungen von Cholesterin mit derselben Geschwindigkeit im Dunkel wie im ultravioletten Licht. Die Reaktion wurde durch Messungen der Sauerstoffaufnahme in der Warburg-Apparatur eingehend studiert. Es zeigte sich, daß, wenn sämtliche Gefäße und Präparate von Schwermetallspuren gereinigt wurden, eine mit Natriumstearat stabilisierte, kolloidale Cholesterinlösung dargestellt werden konnte, die an der Luft nicht oxydiert wurde. Zusätze von Ferro-, Ferri-, Mangano-, Cobalto- und Nickelsalzen gaben keine Sauerstoffaufnahme, wogegen Cupriionen in der Konzentration 10^{-6} molar eine kräftige Autoxydation einer 0,1 proz. Cholesterinsuspension bewirkten. Die Reaktionsgeschwindigkeit war in diesem Konzentrationsgebiet der zugegebenen Cu^{++}-Menge direkt proportional wie bei der von WARBURG[5]) studierten Cysteinoxydation. Bei höheren Kupferkonzentrationen (10^{-5} bis 10^{-4} molar) erreicht die Oxydationsgeschwindigkeit allmählich ein Maximum. Die absorbierte Sauerstoffmenge übersteigt niemals ein Mol O_2 pro Mol Cholesterin.

Es ist damit gezeigt worden, daß die Autoxydation kolloidaler Cholesterinlösungen, wobei Sauerstoff direkt ins Sterinmolekül eingeführt wird, von Kupferionen spezifisch katalysiert wird. Es ist wahrscheinlich, daß diese Reaktion unter physiologischen Verhältnissen eine Rolle im Sterinstoffwechsel spielt.

Stockholm, Biochemische Abteilung des Medizinischen Nobel-Instituts, den 31. August 1942.

SUNE BERGSTRÖM.

[1]) WINTERSTEINER u. BERGSTRÖM, J. of biol. Chem. 137, 785 (1941). — BERGSTRÖM u. WINTERSTEINER, J. of biol. Chem. 141, 597 (1941); — II. J. of biol. Chem. 143, 503 (1942).

[2]) BERGSTRÖM u. WINTERSTEINER, J. of biol. Chem. (im Druck).

[3]) CRIEGEE, PILZ u. FLYGARE, Ber. dtsch. chem. Ges. 72, 1799 (1939). — HOCK u. LANG, Ber. dtsch. chem. Ges. 75, 313 (1942).

[4]) Hoppe-Seylers Z. 271, 177 (1941).

[5]) Biochem. Z. 187, 255 (1927).

Adermin (Vitamin B_6) als Wachstumsfaktor für Ophiostoma ulmi (Buisman) Nannf.

Im Jahre 1934 hat LEDEBOER[1]) in einer Arbeit über *Ophiostoma ulmi* (BUISMAN) NANNF. [= *Ceratostomella ulmi* (SCHWARZ) BUISMAN] unter anderem nachgewiesen, daß dieser Pilz in Reinkultur durch eine hochgradige Variabilität seiner physiologischen Eigenschaften gekennzeichnet ist. So vermögen gewisse Stämme rein synthetische, vitaminfreie Nährlösungen zu assimilieren, andere dagegen nicht. Die Bedingungen für das Wachstum der letzteren Stämme wurden nicht näher untersucht, aber bezüglich der ersteren wurde festgestellt, daß „Bios" in der ersten Periode des Wachstums eine ziemlich stark stimulierende Wirkung hatte.

Seit einiger Zeit studiere ich einen Stamm von *Ophiostoma ulmi*, der nahezu ein Jahrzehnt als Stammkultur in Prof. E. MELINS Laboratorium gezüchtet worden ist (im Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Uppsala) und sich als außerstande erwiesen hat, auf synthetischen Nährlösungen zu wachsen. Zusatz von Aneurin, Biotin (als Biotin-Methylester aus Prof. F. KÖGLS Laboratorium, Utrecht) und Meso-Inosit, welche Stoffe bei anderen schwer züchtbaren Ascomyceten Wachstum induzieren können[2]), hatte hier keinerlei Effekt. Bei Prüfung anderer als Bioskomponenten bekannter Vitamine fand ich schließlich, daß Adermin (von Merck, Darmstadt, hergestellt) eine stark wachstumstimulierende Wirkung ausübte, welche weiterhin etwas durch das sonst unwirksame Aneurin verstärkt werden konnte. Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, wie große Mengen Myzel (Trockengewicht) nach 5tägiger Kultur in einem synthetischen Medium erhalten wurden, welches Glukose, NH_4Cl und gewöhnliche Nährsalze enthielt, wenn demselben Aneurin, Adermin und Lactoflavin in verschiedenen Kombinationen sowie außerdem Biotin und Inosit zugesetzt wurden. Tabelle 2

Tabelle 1. Einwirkung von Aneurin, Adermin, Lactoflavin, Biotin und Inosit auf das Wachstum von *Ophiostoma ulmi*.
Versuchszeit 5 Tage. Mittelwerte aus 6 Kolben in jeder Serie. Zusatz von Wuchsstoffen je Kolben (25 ccm Nährlösung): Aneurin 1 γ, Adermin 1 γ, Lactoflavin 1 γ, Biotin 0,01 γ, Inosit 100 γ.

Zusatz von Wuchsstoffen	Myzel-Trockengewicht in mg	
	ohne Lactoflavin	mit Lactoflavin
Kontrollen	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Aneurin	0,8 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Adermin	2,7 ± 0,1	2,6 ± 0,2
Aneurin + Adermin	3,7 ± 0,2	4,2 ± 0,2
Aneurin + Adermin + + Biotin + Inosit	4,0 ± 0,2	4,0 ± 0,1

Tabelle 2. Der Einfluß verschiedener Konzentrationen von Adermin auf das Wachstum von *Ophiostoma ulmi*.

γ Adermin je Kolben	Verdünnung	Myzel-Trockengewicht in mg	
		ohne Aneurin	mit Aneurin
Kontrollen	—	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
0,0001	$4 \cdot 10^{-12}$	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
0,001	$4 \cdot 10^{-11}$	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0
0,01	$4 \cdot 10^{-10}$	1,3 ± 0,1	2,4 ± 0,1
0,1	$4 \cdot 10^{-9}$	3,4 ± 0,2	4,5 ± 0,1

zeigt die Wirkung verschiedener Konzentrationen von Adermin mit und ohne gleichzeitigen Zusatz von Aneurin.

Adermin scheint es also als alleiniger Vitaminzusatz *Ophiostoma ulmi* zu ermöglichen, eine synthetische Nährlösung zu assimilieren, wenn auch das Wachstum nicht ganz so gut ist wie z. B. bei Zusatz von Hefeextrakt. Ein anderer Organismus, für den dieses Vitamin eine so dominierende Rolle spielt, dürfte nicht bekannt sein. *Streptobacterium plantarum* fordert außer Adermin auch Pantothensäure, Biotin und Lactoflavin[3]), und die Heferassen, für die sich Adermin als wirksam erwiesen hat, erheischen auch noch andere Bioskomponenten[4]).

Es sind jetzt Versuche im Gang, um zu prüfen, ob *Ophiostoma ulmi* als Testobjekt für quantitative Adermin-bestimmung dienen kann.

Uppsala, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität, den 11. September 1942. NILS FRIES.

[1]) M. S. J. LEDEBOER, Physiologische Onderzoekingen over *Ceratostomella ulmi* (SCHWARZ) BUISMAN. Dissertation Utrecht 1934.

[2]) F. KÖGL u. N. FRIES, Hoppe-Seylers Z. 249, 93 (1937). — N. FRIES, Symb. Bot. Upsal. III/2 (1938).

[3]) E. F. MÖLLER, Hoppe-Seylers Z. 260, 246 (1939). — E. F. MÖLLER, O. ZIMA, F. JUNG u. TH. MOLL, Naturwiss. 27, 228 (1939).

[4]) A. S. SCHULTZ, L. ATKIN u. C. N. FREY, J. amer. chem. Soc. 61, 1931 (1939). — R. E. EAKIN u. R. J. WILLIAMS, J. amer. chem. Soc. 61, 1932 (1939).

Über eine vermutete β-Strahlung des Radium A und die natürliche Existenz des Elementes 85.

In den letzten Jahren ist mehrfach die Frage diskutiert worden, ob ein dualer Zerfall, wie er bei den C-Produkten der drei radioaktiven Familien auftritt, nicht vielleicht eine häufigere Erscheinung ist, als bisher angenommen wurde, die nur durch die Schwierigkeiten des experimentellen Nachweises nicht zur Beobachtung gelangt ist. Im Zusammenhang damit steht auch die Frage nach der natürlichen Existenz der Elemente der Ordnungszahlen 85 und 87, zu denen solche bisher nicht beobachteten Übergänge führen würden. Es folgerte so W. MINDER[1]) aus gewissen Gesetzmäßigkeiten

unter den schweren Kernen und L. A. TURNER[2, 3]) auf Grund ähnlicher Überlegungen, daß vor allem für Radon, Radium A, Thorium A und Actinium A ein dualer Zerfall wahrscheinlich sei. W. MINDER versuchte nun den experimentellen Nachweis für den Fall des Radium A[4]) und fand tatsächlich eine Abweichung vom theoretischen Anstieg der kurzlebigen Folgeprodukte der Radiumemanation, die er als eine weiche

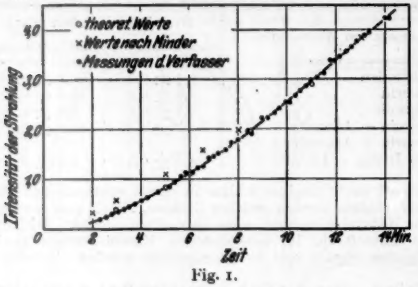

Fig. 1.

β-Strahlung des Radium A deutete. Das dabei entstehende Element von der Ordnungszahl 85, Helvetium genannt, konnte zwar chemisch nicht eindeutig nachgewiesen werden, sein Auftreten aber würde in Einklang stehen mit dem Befund von H. HULUBEI und Y. CAUCHOIS[5]), die in den Röntgenspektren der Radiumemanation und ihrer Folge-

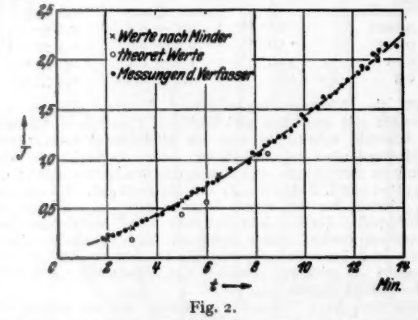

Fig. 2.

produkte 3 Linien fanden, die dem Element Nr. 85 zuzuordnen wären.

In der Absicht, diese sehr weiche β-Strahlung des Ra A quantitativ eingehender zu verfolgen, unternahmen wir Versuche mit einer Anordnung, die gleichzeitig von vornherein einige mögliche Fehlerquellen von MINDER ausschloß. Als solche waren ins Auge gefaßt worden: Umlagerungen des aktiven Niederschlages (noch verstärkt durch die lange Einströmungszeit der Emanation), Sekundärstrahlung aus dem Paraffinpapierabschluß der Kammern, trotz scheinbarer Kontrolle nicht völlig ausreichende Sättigung bei der Ionisationsmessung, Mitführen von bereits vorhandenem aktivem Niederschlag aus dem Emanationsvorratsgefäß in die Versuchskammern. Wir erhielten mit unserer Anordnung genau die theoretische Anstiegskurve (Fig. 1)*). Eine Überprüfung der einzelnen möglichen Fehlerquellen, wobei wir nach schrittweiser Annäherung schließlich die MINDERsche Anordnung und seinen Meßvorgang so genau als möglich benützten, ergab, daß Umlagerungen sich nicht bemerkbar machen, eine ungenügende Sättigung wohl nicht in dem nötigen Maß vorhanden gewesen sein kann und eine Sekundärstrahlung aus dem Paraffin keine Rolle spielt. Hingegen zeigte es sich, daß zwar eine Reihe von Umständen das Absetzen des aktiven Niederschlages vor Eintritt in die Versuchskammer herbeiführen, von diesem aber doch unter gewissen Versuchsbedingungen größere oder kleinere Mengen in das Versuchsgefäß eintreten können, die dann zu einer Verzerrung der Anstiegskurve Anlaß geben, die der MINDERschen Form entspricht. Durch vorsichtiges Variieren der maßgebenden Umstände konnten wir den Verlauf des MINDERschen Anstieges genau quantitativ hervorrufen (Fig. 2). Es handelt sich dabei vermutlich vor allem um ein Mitführen von Radium A, aus dem dann die den Anstieg verfälschende Ra B-Menge entsteht. Die Berechnung ergibt, daß die zusätzliche Ra B-Menge, die nötig ist, um gerade die MINDERsche Kurve zu ergeben, nur etwa 2 bis 3 % der Radium B-Menge beträgt, die mit der verwendeten Emanationsmenge im Gleichgewicht steht. Die Bedingungen beim Einströmen der Emanation waren bei MINDER also offenbar so, daß stets gerade eine Ra A-Menge von etwa dieser Größe (ein Spielraum vom Faktor 2 ist ohne weiteres zulässig) in die Versuchskammer mitgeführt wurde. Da keine Angaben gemacht werden über besondere Vorsichtsmaßregeln, um dies zu vermeiden, scheinen solche nicht getroffen worden zu sein*). Wenn wir darauf achteten, daß ein Mitführen der Folgeprodukte durch die Emanation vermieden wurde, erhielten wir ausnahmslos den theoretischen Anstieg, wie immer die Anordnung und die Versuchsbedingungen variiert wurden.

Eine weitere Stütze für seine Deutung des anormalen Anstiegs sah MINDER noch in der Tatsache, daß bei Verwendung einer relativ geringen Absorption (1,5 mm Karton) die Anstiegskurve der durchgelassenen Strahlung den theoretischen Verlauf zeigt, was MINDER eben auf die geringe Härte der Ra A-β-Strahlung schließen läßt. Wir konnten ebenfalls eine Änderung der Anstiegskurve (auf Grund des überwiegenden Einflusses der Ra C-Strahlung) in diesem Sinn beobachten, doch war der Unterschied mit und ohne Absorption nicht ganz so ausgeprägt, was an verschiedenen Umständen liegen mag, die an anderer Stelle diskutiert werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß nach unseren Versuchen keine Andeutungen vorliegen für eine weiche β-Strahlung des Ra A von der von MINDER angegebenen Größenordnung**) und eine dadurch bewiesene Existenz des Elementes 85 in den natürlichen Zerfallsreihen.

Nähere experimentelle Einzelheiten werden in einer Arbeit beschrieben, die demnächst in den Wiener Berichten (Mitt. d. Rad. Inst.) erscheint.

Wien, Institut für Radiumforschung der Akademie der Wissenschaften, den 15. September 1942.

BERTA KARLIK. TRAUDE BERNERT.

*) Die Werte wurden bei 13 Minuten zur Koinzidenz gebracht.

[1]) W. MINDER, Helvet. phys. Acta 11, 497 (1938).
[2]) L. A. TURNER, Physic. Rev. 57, 157, 950 (1940).
[3]) L. A. TURNER, Physic. Rev. 58, 181 (1940).
[4]) W. MINDER, Helvet. phys. Acta 13, 144 (1940).
[5]) H. HULUBEI, Y. CAUCHOIS, C. r. Acad. Sci. Paris 209, 39 (1939).
[6]) F. P. SLATER, Phil. Mag. (6) 42, 904 (1921).
[7]) H. W. SCHMIDT, Physik. Z. 6, 903 (1908).

*) Bei Untersuchung des Anstiegs der härteren Komponente ist dieser Umstand sorgfältig berücksichtigt worden [vgl. SCHMIDT, SLATER[6, 7])].

**) Einige Prozente seines Effektes hätten bereits festgestellt werden können.

Besprechungen.

NORTHROP, JOHN H., **Crystalline Enzymes.** The chemistry of pepsin, trypsin, and bacteriophage. London: Oxford Univ. Press. New York: Columbia Univ. Press. Preis: geb. RM. 15.—.

In der vorliegenden Monographie mit dem Untertitel: The chemistry of pepsin, trypsin, and bacteriophage, hat der Autor die Erfolge, Erfahrungen und Ziele seines eigenen Arbeitskreises dargestellt. Von vornherein empfindet der Leser, wieviel wertvoller solche aus der eigenen Forschung entstandenen Übersichten sind, als die nunmehr leider nicht seltenen Bücher, in welchen fleißige Kompilatoren die Literatur

eines Teilgebietes gesammelt haben. Allen, welche sich mit den Grundlagen der Enzymchemie beschäftigen, sind ja die eingehenden Arbeiten über proteolytische Enzyme bekannt, durch welche J. H. NORTHROP und seine Mitarbeiter im Rockefeller Institut das Gebiet der Kristallisation von Enzymen erweitert und dadurch unsere Kenntnisse der Proteinasen vertieft haben.

NORTHROP gehört als Forscher der amerikanischen Schule an, welche, wie JACQUES LOEB, den Traditionen von WILHELM OSTWALD folgend, die physikalisch-chemische Seite der Enzymologie besonders pflegte. In verschiedenen Teilen der physikalischen Biochemie hat dieser Forscher ein reiches und vielseitiges experimentelles Material gesammelt. Seinem Hauptgebiet, der physikalisch-chemischen Enzymologie, hat NORTHROP das 1. Kapitel seines Buches gewidmet. Während vieler Jahre hat er seine eigenen Arbeiten auf die proteolytischen Enzyme konzentriert, welche demgemäß in der vorliegenden Monographie sehr ausführlich besprochen werden. Im Kapitel 2 behandelt der Verf. das Pepsin; man erhält es durch seine Methode in schönen Kristallen von der Länge zwischen 0,01 mm und 0,1 mm. Im Kapitel 3 stellt NORTHROP durch bemerkenswerte Beobachtungen das Verhältnis zwischen Pepsin und Pepsinogen klar. In kristallisierter Form gewann der Verf. ferner zwei Hauptproteinasen, die er als Trypsin und Chymo-Trypsin bezeichnet. Das Trypsin scheint im wesentlichen identisch zu sein mit der von WILLSTÄTTER und WALDSCHMIDT-LEITZ studierten Pankreasproteinase, während das Chymo-Trypsin recht gut mit demjenigen Enzym übereinstimmt, das man früher Pankreaschymosin genannt hat.

Unter den anderen proteolytischen Enzymen, welche in der NORTHROPschen Schule (eine wertvolle Arbeit von ANSOM ist zu erwähnen) mittels der Kristallisation gereinigt wurden, ist noch besonders die Carboxypeptidase bemerkenswert, welche die Amidbindung gewisser Aminosäurederivate spaltet.

Das interessanteste Ergebnis der NORTHROPschen Arbeiten liegt aber eigentlich nicht im Gebiet der klassischen Proteasen. Die Kristallisation biologisch wichtiger Eiweißkörper hat NORTHROP selbst zu einer eingehenden Untersuchung über *Bacteriophagen* veranlaßt, durch welche allerdings der gewünschte kristallinische Zustand der Bacteriophagen noch nicht erreicht wurde. Aber die SUMNER-NORTHROPsche Methodik ist später bei der Erforschung der *Viren*, besonders in den Händen von STANLEY sowie von BUTENANDT und SCHRAMM, fruchtbar geworden, und hier sind noch weitere Erfolge zu erwarten.

So muß man sagen, daß das Interesse für die vorliegende dankenswerte Monographie über das Sondergebiet der Enzyme hinausgeht. Die vielen darin enthaltenen Beobachtungen und praktischen Anweisungen werden zweifellos allen Fachgenossen, welche sich mit der Isolierung und Aufklärung biologisch wichtiger Proteine beschäftigen, von wesentlichem Nutzen sein.

H. v. EULER.

KÄHLER, KARL: **Wolken und Gewitter.** (Geophysik, Meteorologie, Astronomie; Beiträge zur kosmischen Physik, hrsg. v. K. KÄHLER, Bd. I.) Leipzig: J. A. Barth 1940. VIII. 158 S., 26 Abb. Preis kart. RM 12.—.

Wolken und Gewitter gehören zu den eindrucksvollsten Erscheinungen der Atmosphäre, über die in vorliegendem Büchlein eine in erster Linie für Studenten und interessierte Laien bestimmte Darstellung aus der Feder eines berufenen Fachmanns vorliegt. Der Inhalt ist in drei nahezu umfangsgleiche Abschnitte gegliedert: Wolkenmorphologie (die Wolken in ihrer Gestalt), Wolkenphysik und Gewitter.

Hinsichtlich der *Wolkenmorphologie* lehnt sich der Autor weitgehend an den internationalen Wolkenatlas an. Darüber hinaus finden aber auch die Wolken in der Stratosphäre Berücksichtigung (Ultrazirren, leuchtende Nachtwolken, Perlmutterwolken, Wolkenbildung durch Meteore), ferner werden die Methoden zur Messung von Zugrichtung, Höhe und Geschwindigkeit der Wolken in diesem Abschnitt dargestellt und ihre Ergebnisse kurz diskutiert. Ausführungen über Wolkenbeobachtung, Wolkenphotographie und Wolkenfilme bilden den Abschluß des morphologischen Teils.

In der *Physik der Wolken* behandelt der Verfasser nach einer Übersicht über die Wolkenelemente (Wassertröpfchen, Eiskristalle) besonders ausführlich die Entstehung der Wolken, unter elementarer Darstellung der thermodynamischen Vorgänge. Hierbei finden neuere Forschungen (H. KÖHLER, W. FINDEISEN) sowie G. STÜVES genetische Wolkenklassifikation zum Teil weitgehende Berücksichtigung; auch über künstliche Wolken wird kurz berichtet.

Im dritten, relativ selbständigen Teil über die *Gewitter* gelangen nach kurzen Ausführungen über die klimatologische Gewitterkunde die meteorologischen und elektrischen Vorgänge bei Gewittern sowie die Theorien der Gewitterelektrizität (ELSTER-GEITEL, SIMPSON, WILSON) in knapper, jedoch präziser und kritischer Form zur Darstellung, wobei der Autor der Auffassung zuneigt, daß die Influenz als Hauptursache der Gewitterelektrizität und der elektrischen Ladungen der Niederschläge anzusehen ist.

Es dürfte sich bei einer Neuauflage empfehlen, den textlichen Ausführungen über Wolkenfilme (S. 59—61) einige Bildproben beizugeben, welche die im Text sehr gut geschilderten Wolkenumbildungen illustrieren, sowie die Abb. 22 (altes BJERKNESSches Zyklonenmodell) durch neuere, die Kondensationsformen an Fronten in eingehenderer Weise zum Ausdruck bringende Darstellungen (z. B. nach BERGERON) zu ersetzen bzw. zu erweitern. Kleine Druckfehler befinden sich auf S. 75 (wo $R_W = 0{,}622\, R_L$ statt $R_W = R_L/0{,}622$ steht) und auf S. VI des Inhaltsverzeichnisses (wo das Druckfehlerteufelchen die klimatologische Gewitter*kunde* in eine klimatologische Gewitter*stunde* verwandelt hat).

Als Ganzes betrachtet stellt das Werk einen vorzüglichen Abriß der Wolken- und Gewitterkunde dar, dessen Lektüre den Studierenden einen soliden Wissensbestand für das Examen vermittelt, während es Lehrern höherer Schulen mancherlei Anregungen zur Vertiefung des Physikunterrichts zu bieten vermag.

H. ERTEL, Wien.

KÜSTER, E., **Ergebnisse und Aufgaben der Zellmorphologie.** (Wissenschaftliche Forschungsberichte, Naturwissenschaftl. Reihe Bd. 56.) Dresden u. Leipzig: Th. Steinkopff 1942. VIII, 141 S. mit 27 Abb. RM 12.—, geb. RM 13.50.

Seit dem Erscheinen von KÜSTERS Lehrbuch „Die Pflanzenzelle" (Jena 1935) hat sich die zytologische Wissenschaft in raschem Flusse weiter entwickelt. Der Verf. hat daher die neueren Ergebnisse bis einschließlich 1940 im vorliegenden Forschungsbericht übersichtlich zusammengestellt. Die Einteilung des vielseitigen Stoffes geschieht wie im erwähnten Lehrbuche in: I. Protoplasma, II. Zellkern, III. Plastiden, IV. Stärkekörner und andere tote Inhaltsbestandteile der Zelle, V. Vakuole, VI. Membran, VII. Zelle als Ganzes

und VIII. Protisten (Protophyten). Jedem Kapitel folgt ein ausführliches Literaturverzeichnis, das nicht nur für diesen Bericht, sondern auch als Ergänzung für das 1935 erschienene Lehrbuch sehr wertvoll ist. Eingehend wird auf die submikroskopische Morphologie hingewiesen, soweit sie bis 1940 durch indirekte Methoden erschlossen werden konnte. Auch die Ergebnisse der Übermikroskopie sind erwähnt, die bis zu jenem Zeitpunkt an biologischen Objekten gewonnen worden sind. Ungefähr ein Viertel des Berichtes nimmt die Besprechung der umfangreichen neueren Kern- und Chromosomenliteratur ein (Polyploidie, Chromosomenmutationen durch Röntgenstrahlen, Cholchicinmethode usw.) Wie bei allen seinen Veröffentlichungen muß man die formvollendete Sprache Küsters bewundern. Frey-Wyssling, Zürich.

ISSLER, E., **Vegetationskunde der Vogesen.** (Pflanzensoziologie. Eine Reihe vegetationskundlicher Gebietsmonographien. Hrsg. von der Reichsstelle für Naturschutz Bd. 5.) Jena: Gustav Fischer 1942. VI, 192 S. und 44 Abbild. Preis brosch. RM 7.50, geb. RM 9.—.

Die Vogesen nehmen vegetationskundlich eine sehr interessante Stellung ein, was schon in der für sie bezeichnenden, von den östlicheren Mittelgebirgen stark abweichenden Höhenstufengliederung der Wälder, nämlich der Ausbildung einer obermontanen Buchenstufe über einer Buchentannenstufe bei völligem Zurücktreten oder Fehlen der Fichte zum Ausdruck kommt. Den regenbringenden Westwinden quer entgegengestellt, stehen sie atlantisch-montanen Klimaeinflüssen in hohem Maße offen. Ihre nordsüdliche Erstreckung und der steile Abfall zur oberrheinischen Tiefebene führen aber auch zur Ausbildung einer extremen Trockeninsel an ihrem Ostfuß. Hier entfaltet daher eine xerotherme, submediterran beeinflußte Vegetation von Laubmischwäldern und Steppenheiden eine seltene Reichhaltigkeit. Große Unterschiede in der Bodengüte unterstreichen noch diese Gegensätze. Schließlich waren die Vogesen Zuwanderungen von Westen und Südwesten in besonderem Maße zugänglich und erhielten auch dadurch viel Eigenart, die sie vor den anderen Mittelgebirgen heraushebt. Es ist daher selbstverständlich, daß eine Vegetationskunde dieses auch landschaftlich so reizvollen Gebirges sehr begrüßt werden wird.

Nicht so selbstverständlich ist, daß sie heute von einem Verfasser geschrieben werden konnte, der die Vegetation seiner Heimat seit 50 Jahren aufs gründlichste durchforscht und von hier aus schon seit Jahren wesentliche Beiträge zur mitteleuropäischen Pflanzensoziologie geliefert hat und der so ein Werk vorlegen kann, dem man Seite für Seite eine seltene Vertrautheit mit dem Gegenstand anmerkt. Auch die Art der Darstellung ist sehr geschickt. Auf sorgfältige Tabellen gestützt, aber unter Verzicht auf eine weitergehende soziologische Aufgliederung und Systematik, die ja von kleinen Gebieten aus kaum zu allgemeingültigen Gliederungen führen kann, werden größere, floristisch wie ökologisch scharf umrissene Vegetationseinheiten in den Vordergrund gestellt und nach ihrer Bedeutung innerhalb des Gebietes angeordnet, angefangen von den auf 7 Haupttypen zurückgeführten Wäldern über die Gras- und Zwergstrauchheiden, Moore und Wiesen zu den nach ihrem Flächenanteil weniger bedeutsamen Gesellschaften. Hierdurch wird die Darstellung sehr eindringlich; zudem abgesehen von den einleitenden und abschließenden Kapiteln über die Standortsfaktoren und die Vegetationsgeschichte allgemeinere Fragen ökologischer, historischer oder wirtschaftlicher Art jeweils eingehend und kritisch besprochen werden, wobei auch für die künftige Durchführung von Naturschutzmaßnahmen wertvolle Anregungen gegeben werden. So entsteht also ein abgerundetes Werk, das vielen ein hochwillkommener und sicherer Führer werden wird und zu dem man den Verfasser nur dankbar beglückwünschen kann. F. Firbas.

ESCHERICH, K., **Die Forstinsekten Mitteleuropas.** Ein Lehr- und Handbuch. 5. Bd., Hymenoptera (Hautflügler) und Diptera (Zweiflügler). Berlin: Paul Parey 1942. Liefg. 2—4. 746 Seiten (S. 204 bis 746). Preis: Liefg. 2: 17.60 RM, Liefg. 3: 13.— RM, Liefg. 4: 14.80 RM.

Der 5., jetzt vollständig vorliegende, Band des bekannten Werkes von Escherich, „Die Forstinsekten Mitteleuropas", ist in rascher Lieferungsfolge erschienen. Er behandelt die Hymenopteren und Dipteren. Der Stoff war, wie Verf. im Vorwort betont, so gewaltig durch viele neuere Arbeiten angeschwollen, daß es unbedingt erforderlich war, diesen beiden Gruppen einen besonderen Band zu widmen. Hautflügler wie Dipteren haben (auch zahlenmäßig) einen so starken Anteil an der Waldbiocönose, daß ihnen eine wesentliche Bedeutung in der Regulierung des Lebensrhythmus der Wälder zukommt.

Escherich hat in jahrzehntelanger Vorarbeit den Stoff gesammelt und gesichtet, und da, wo es ihm nötig schien, auch durch eigene Beobachtungen und Versuche eine endgültige Klärung mancher Fragen herbeigeführt. Dann erst hat er das Ganze zu einem Gesamtbilde verarbeitet. Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, dies würde zu weit führen. Betont sei aber, daß es Verf. gelungen ist, unter Verwertung der neuesten Ergebnisse, unter kritischer Aussonderung überholter Anschauungen von jeder forstlich wichtigen Form die Rolle klarzustellen, welche sie im Wechsel der Waldbiocönose spielt oder spielen kann. Durch diese geistige Zusammenfassung und Wertung der vorhandenen Tatsachen bilden manche Abschnitte gleichsam Monographien bestimmter Großschädlinge. Seite für Seite ist zu spüren, wie tiefschürfend der Verf. seine Aufgabe aufgefaßt hat. Dabei ist der kausalanalytischen Betrachtung der ökologischen Vorgänge im Walde der ihr gebührende Platz eingeräumt worden, ohne Vernachlässigung des deskriptiven Anteiles. Abschnitte, welche die einzelnen Gruppen, wie Blattwespen, Holzwespen, Gallwespen, Ameisen, Bienen, Gallmücken — um nur die wichtigsten zu nennen — behandeln, bieten sowohl dem praktischen Forstmann wie dem Lernenden eine Fülle von Stoff, da der derzeitige Stand unseres forstentomologischen Wissens in seiner Gesamtheit erfaßt ist. — Der Wert des Ganzen wird durch die große Zahl der Abbildungen — darunter sehr viel neue — und durch 3 ebenfalls neue, ausgezeichnete Farbtafeln erhöht. Bei jedem größeren Abschnitt ist die wichtigste Literatur verzeichnet. Die umfangreichen Autoren- und Sachregister — letzteres enthält rund 4000 (!) Stichworte — ermöglichen ein rasches Finden der gesuchten Angaben.

Den bereits erschienenen Bänden reiht sich dieser Band ebenbürtig an, und für Jahrzehnte bietet das Werk Grundlagen für forstentomologische Forschungen. Der Verlag hat das Werk, dem Inhalte gemäß, in würdigster Weise ausgestattet.

A. Hase, Berlin-Dahlem.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer-A.-G. in Leipzig.